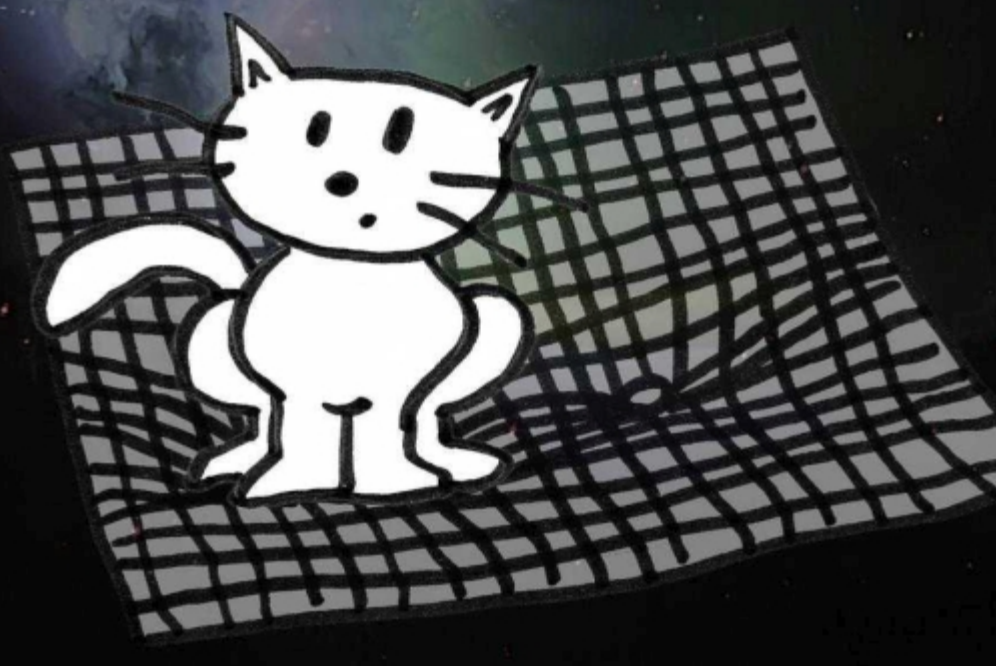


Luca Montemagno

O meu gato **ODEIA** Schrödinger

**Entender a física quântica e o universo,
melhor do que um gato astuto.**



VISIT...

LANZAROTE
Caliente.com

Luca Montemagno

O meu gato **ODEIA** Schrödinger

**Entender a física quântica e o universo,
melhor do que um gato astuto.**



Índice Analítico

O meu gato odeia Schrödinger

Prefácio

Por que meu gato odeia Schrödinger

Espaço-tempo

O experimento da fenda dupla

Entrelaçamento Quântico

Multiverso

Um gigantesco BANG

Derradeiro destino do universo

Buracos Negros—————

O universo è uma ilusão

O tempo è uma ilusão

As superpartículas e o campo de Higgs

A Teoria das Cordas

A Teoria do tudo

Glossário

Bibliografia e leitura recomendada

“Se você pensa que entende teoria quântica, então você não
entende teoria quântica.”

Richard Feynman

Prefácio

Escrever um prefácio convincente é sempre uma tarefa árdua. Neste caso, porém, lhe asseguro, era extremamente necessário. Ainda mais na apresentação de um argumento que considero, sem modéstia, valiosíssimo.

Mostrei o conteúdo para os amigos, parentes, pais, gatos e digo a você, foi um delírio (em especial no último caso).

Muitos começaram, por fim, a se apaixonar pelo assunto; outros, caindo em crises místicas, começaram com avidez a recheiar suas bibliotecas com livros de aprofundamento. Outros ainda miaram de maneira tímida. Alguém até bufou temerariamente.

Todos, no entanto, por favor, acredite em mim, conseguiram colher um pouco mais sobre o tema que tem repercussões concretas na vida cotidiana; depois você me conta.

Pois bem, agora, antes de ir, eu queria dar apenas duas palavrinhas sobre como o livro, que definirei como uma simpática, acessível, simplificada e não superficial breve introdução à física quântica, foi estruturado.

O texto não é, obviamente, um ensaio, porém, irá ajudar muitos a se apaixonarem por um assunto de implicações surpreendentes e profundas como nunca.

Antecipo que procurei evitar tanto quanto possível o uso de fórmulas: você se cansaria sem necessidade (e, entre outras coisas, elas ficariam fora de lugar em um texto que pretende ser informativo, agradável e de fácil leitura).

Ao contrário, incluí pequenos boxes de aprofundamento quando necessários.

Um conselho: os boxes podem ser lidos de forma independente do texto. Ou melhor, é provável que essa seja a abordagem correta para enfrentar um assunto que em si deveria revelar-se fluido em qualquer circunstância. Inclusive para aqueles que sempre se colocam, com toda honestidade, entre as pessoas "estranhas ao serviço".

Sobre os esboços presentes no livro, seja tolerante.

São obras minhas. Mesmo olhando-os agora com olhos críticos, não me parecem nada mal: são adequados a um texto que depois de tudo somado é bastante informal.

Para os leitores mais entendidos e curiosos, procurei inserir também algumas ideias místicas, religiosas, espirituais e assim por diante.

Tenha em mente, porém, que eu jamais sonharia em alimentar boatos desprovidos de qualquer base científica. Portanto, entre as numerosas teorias tiradas do forno, procurei selecionar aquelas mais "sensatas", se assim podemos defini-las.

No final do livro, reuni ainda um acessível glossário. Servirá para que você possa aprofundar conceitos que durante a narração resultem

um pouco confusos, mas que, de qualquer modo, considere importantes o suficiente a ponto de inseri-los.

Mas agora basta, desejo a você uma boa leitura; já perdemos bastante tempo neste bate-papo. A ciência nos espera; vejo você do outro lado do espelho.

Por que meu gato odeia Schrödinger

Você é a única pessoa com quem discuto de bom grado. Quase todos passam dos fatos à teoria, e não da teoria aos fatos. As pessoas são incapazes de sair do conjunto de conceitos tolerados e continuam andando em círculo de forma grotesca.

Albert Einstein sobre Erwin Schrödinger

O meu gato odeia Schrödinger. E se você tiver paciência para me ouvir entenderá por quê.

Sempre com mais frequência, eu tenho constatado que muitos consideram a física, sobretudo a quântica, um campo de estudo para ser confinado em laboratórios, ou ao máximo em alguma universidade imponente. Coisa de NERD incorrigível, coisa de cientista louco.



Protótipo de NERD incorrigível

Nada poderia estar mais errado.

A física, acima de tudo a quântica, pode ajudá-lo a rever sua visão de mundo. Sob um olhar mais atento, a física moderna tem, entre outras coisas, numerosíssimos pontos de contato com diversas religiões orientais. Mera coincidência?

Enfim, acho que não é apenas fascinante, mas sobretudo bastante compreensível (pelo menos nos seus conceitos essenciais). Tenha confiança na sua capacidade de ouvir e deixe-se intrigar.

Ok, ok. Sei que ainda não o convenci e, portanto, vamos fazê-lo desta maneira: começo imediatamente ilustrando para você um dos paradoxos que mais perturba o obeso felino da casa (menos, é verdade, do que as "atenções" do meu filho, se de fato queremos ser honestos).

O seu nome é: "O paradoxo do gato de Schrödinger".

Um paradoxo que dá àqueles que observam a realidade um papel FUNDAMENTAL.

O dito que "cada um é artífice do próprio destino" poderia assumir,

após essa leitura, um significado muito mais amplo do que aquele místico.

Ouçã-me, leia com atenção o quanto eu tenho para lhe dizer e procure entender as mais profundas

repercussões. Você está prestes a entrar na toca do coelho branco. Atenção ao degrau e abaixe a cabeça.

Mas, antes de tudo, quem era Schrödinger?

Erwin Schrödinger, além de ter um nome para mim impronunciável, foi um grande matemático e físico, famoso pela sua contribuição à mecânica quântica.

O gato de Schrödinger foi um experimento pensado com o objetivo de evidenciar as dificuldades teóricas do processo de medição em mecânica dos quanta.

Explico melhor, em benefício de todos.

Na física clássica (a física que nos parece familiar durante as atividades diárias) não existem limitações para a medição das características de um sistema físico.

Por exemplo, não há nada que nos impeça de medir a posição do meu gato em (lento) movimento, sua velocidade (próxima àquela de uma tartaruga), sua energia, etc... A mesma coisa se você tenta medir o comportamento de um jato supersônico.



Simpática e paciente tartaruga



Jato supersônico

O que quero dizer é que, teoricamente, nada poderia nos impedir de construir instrumentos sempre mais precisos e sofisticados adequados

para tal finalidade.



*Instrumento impróprio para medição
em mecânica quântica*

Perturbações na medição física

O físico alemão Heisenberg se ocupou em analisar o modelo atômico de Bohr, prêmio Nobel de Física em 1922, destacando seus limites.

Devemos lembrar, a título informativo, que este último contribuiu de forma substancial para a compreensão da estrutura atômica e da mecânica quântica. Um Nobel que, com certeza, qualquer um definiria como merecidíssimo.

Heisenberg estudou a fundo a respeito das órbitas que os elétrons descreviam no modelo atômico.

Falar de órbitas pressupunha, de fato, que se conhecesse ao mesmo tempo a posição e a velocidade dos elétrons em diversos instantes de seus movimentos.

Mas isso em si era impossível.

Imagine querer determinar a posição de um elétron por irradiação com fótons (uma quantidade discreta e indivisível de luz).

Para que o elétron possa ser identificado, ele deve ser atingido por um fóton que seja defletido em direção ao observador.

Isso, porém, produz certa perturbação. O fóton, na verdade, ao interagir com o elétron transmite a este energia, modificando sua velocidade e direção.

Para que o elétron continue sendo observado é necessário que um determinado número de fótons se choque com ele. É evidente, porém, que com esses choques os fótons cedam energia, alterando o estado de movimento do elétron e modificando-o.

Dando um exemplo ainda mais simples: é como se eu, no escuro, para determinar a posição de uma bolinha de ping-pong fosse obrigado a lançar bolinhas de tênis de forma contínua contra ela.

É óbvio que mais cedo ou mais tarde conseguirei verificar a posição da bolinha de ping-pong, porém, mediante essa técnica, tal posição seria alterada de forma irreparável.

Recomendo não confundir essas três coisas: pegar um gato radioativo, uma latinha de átomos de gatos fluorescentes, ou material escrito por gatos voluntários não daria o mesmo resultado.

Lacre a caixa e deixe-a de lado (rezando para que o gato não tente se vingar).

A questão é que o átomo decairá, digamos dentro de um dia, e naquele instante será ativado um dispositivo que abrirá a latinha e, como consequência, matará o gato devido aos gases tóxicos emitidos (aqui está a razão do consentimento).

CIENTIFICAMENTE: um instante antes da abertura, o estado que descreve o sistema completo da caixa (átomo mais latinha mais gato) apresenta 50% de probabilidade na seguinte configuração:

Gato vivo - átomo íntegro

Gato morto - átomo decaído

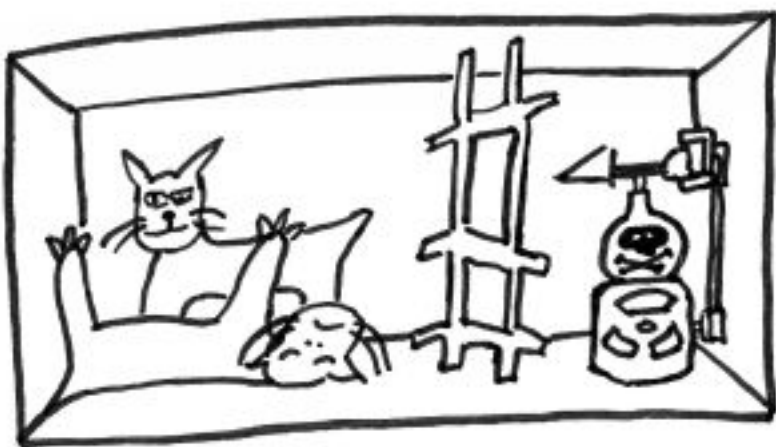
Até aqui está claro o suficiente. Ou não?

O que poderia desorientá-lo, no entanto, é que a mecânica quântica diz que o gato se encontrará em uma condição "estranhíssima": nem VIVO, nem MORTO.

A mim isto desestabiliza. É fascinante.

O gato está em um estado EMPUTECIDO sim, mas INDEFINIDO.

Nem VIVO, nem MORTO.



Representação do famoso paradoxo

Para que possamos nos entender, é como se a natureza tivesse pegado as duas possibilidades e no exato instante em que você abrisse a caixa encontrasse somente uma.

E será aquela que você observar (para ser mais preciso isso corresponde à Interpretação de Copenhagen, a interpretação da mecânica quântica mais compartilhada entre os estudiosos).

O ato de observar determina a realidade.

Será você, em certo sentido, a decidir o destino do gato, que

permanece incerto durante todo o tempo que precede a abertura da caixa.

O decaimento de uma substância radioativa (a emissão de uma partícula por um núcleo atômico que se transforma em outro elemento) é um fenômeno regulado pelos princípios da mecânica quântica. Enquanto não efetuamos uma medição (observamos), não podemos saber se o decaimento aconteceu.

O núcleo da substância radioativa se encontra em uma mistura de estados, núcleo decaído e núcleo não decaído, e só a medição pode fazer com que ele assuma um estado ou outro.

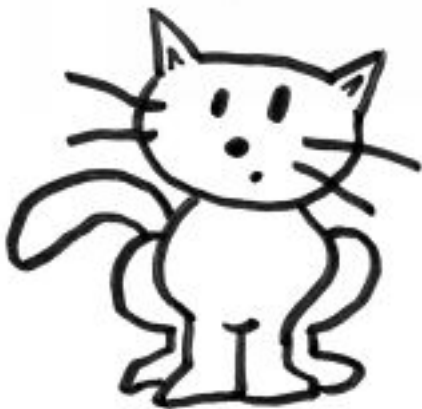
No ato da medição, a substância radioativa é revelada somente em um estado entre aqueles possíveis, isto é, a sua "função de onda" entra em colapso naquele exato instante.

A física, porém, não é capaz de prever qual instante será selecionado, ou seja, é incapaz de explicar por que um instante é preferível a outro e, por isso, parece estar presente um elemento casual, uma incerteza.

Entretanto se não existisse tal incerteza não teria sentido falar de livre arbítrio. Sei que estou indo além, mas eu gosto de pensar que seja assim.

Livre arbítrio, incerteza, influenciar a realidade observando-a de forma consciente.

GATOS.



Gato

Tudo isso tem um não-sei-quê de fortemente espiritual (não religioso, atenção).

É absolutamente fascinante.

Mas isso o meu gato não entende e jura que Schrödinger o pagará por isso.

A física clássica

A física clássica reúne todo o conhecimento da física que não considera os fenômenos inerentes à relatividade geral ou à mecânica quântica; teorias que, ao contrário, definem a chamada física moderna.

Por essa razão, é possível classificar como física clássica todas as teorias formuladas antes do século XX. A física clássica inclui basicamente as teorias sobre mecânica, incluindo acústica; termodinâmica; eletromagnetismo, incluindo ótica; e a gravidade newtoniana.

Por exemplo, o cálculo da trajetória de um gato disparado por um canhão de circo faz parte da física clássica.

O estudo das partículas subatômicas do felino na furiosa procura pelo operador do canhão do circo, ao contrário, faz parte da física quântica.

O nascimento da física clássica não pode ser datado. Porém, como tantos, considero seu início oficial após a criação do método científico por Galileu Galilei, na Europa Renascentista. Entendendo, assim, que a ciência deve confrontar-se com o experimento.

A física quântica

A mecânica quântica (também conhecida como física quântica) é a física que descreve o comportamento da matéria, da radiação e das suas interações recíprocas. Os fenômenos estudados são caracterizados por escalas de comprimento atômicas e subatômicas.

Estamos no âmbito das partículas elementares.

O Paradoxo do amigo de Wigner

Como extensão do paradoxo apenas proposto, existe também o paradoxo do amigo de Wigner (o nome deve-se ao físico Eugene Wigner que foi seu idealizador). Ele foi estudado para expressar sua convicção de que a consciência é a chave do processo de medição na mecânica quântica.

Nesse experimento mental, Wigner imagina que, em sua ausência, um amigo realize o experimento do gato de Schrödinger. Ele, como sabemos, descobrirá se o gato estava vivo ou morto só no momento de seu retorno para o laboratório.

E até aqui já sabemos.

Cria-se, então, a seguinte situação formada por dois sistemas.

A "caixa" com o gato e o "laboratório" com o amigo e a caixa.

O primeiro sistema pode prever duas possibilidades:

1) “gato morto + amigo triste”

2) “gato vivo + amigo feliz”

Mas esses dois desfechos acontecem só no momento em que Wigner retorna (e age como observador final), ou já se concretizaram no momento em que o amigo abriu a caixa?

Deixar de observar o experimento faz com que seu resultado seja ainda probabilístico?

Ora, de acordo com Wigner, o estado de sobreposição se dissipou desde a observação do amigo, porque è justamente a consciência que age como verdadeiro catalisador do colapso da função de onda.

Efeito Túnel

Espaço-tempo

Observamos, contudo, que a ideia de espaço absoluto, que implica aquela [ideia] de repouso absoluto, era para Newton motivo de preocupação.

Albert Einstein

Discutindo sobre o espaço e o tempo, como poderíamos nos eximir de citar o bom e velho Isaac Newton?

Qualquer um, mesmo o menos atento, se recordará da famosa história de "Newton e a maçã". É uma historinha contada com frequência e com toda probabilidade carrega uma boa dose de verdade.

Dizem que há muito tempo, o renomado cientista tinha, como lhe era de costume, intenção de estudar os movimentos dos planetas e das forças que praticamente pareciam mantê-los em órbita quando, de repente, ocorreu o fato: eis que caiu a maçã.

Uma eventualidade de pouca importância, pelo menos para quase todos nós.

Veja, cair no chão a maçã que há alguns segundos antes estava ali, pendurada na árvore.

O gênio, naquele momento, se perguntou: "é possível que a força que atrai a maçã em direção à Terra seja do mesmo tipo daquela que mantém a lua em órbita?".

Bem, com certeza nós teríamos falado tudo, menos isso.

Talvez alguma coisa do tipo: "melhor dar uma lavada nessa maçã antes que apodreça" ou, mais provável, "agora minha mulher vai querer que eu colha todas as maçãs daquela maldita árvore, antes que elas estraguem".

Mas ele não.

E é aí que nasce o gênio.

O gênio nasce da curiosidade, da paixão. Do saber observar o mundo com humildade na dose certa.

Einstein, de quem falaremos muito, pronunciou as seguintes palavras a respeito de sua mais famosa teoria:

... normalmente um adulto nunca para com o propósito de refletir sobre os problemas do espaço e do tempo. Essas são coisas que você pensa quando é criança. Eu, ao contrário, comecei a refletir sobre o espaço e o tempo só depois de me tornar adulto. Com a única diferença que estudei o problema mais a fundo do que uma criança poderia fazer.

O que quero dizer é que, com frequência, para alcançar "um degrau mais acima" poderia ser deveras necessário voltar a se sentir um pouco criança.

Em todo caso, retornando a Newton, você sabe que aquela pergunta o conduziu a formular a lei da gravitação universal, uma das leis mais importantes

enunciadas por um ser humano (os corpos se atraem com uma força cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa).

Veja, agora não quero me debruçar sobre a elegância de tal

enunciado, registrado na sua monumental obra "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica", e nem tenciono explicá-lo em detalhes. Em vez disso, gostaria de salientar o fato que no tempo do grande cientista, os conceitos de espaço e de tempo eram considerados absolutos e universais.

Newton acreditava que o espaço e o tempo fossem duas entidades distintas. Um casal de cônjuges, bastante independentes um do outro.

O tempo, segundo o cientista, teria sido caracterizado por uma única direção. Ele existe e sempre existirá. Enquanto o espaço teria sido criado apenas alguns milhares de anos atrás.

Rapaz, quanto se errou a respeito. As observações atuais sugerem que a idade do universo seja de cerca de 13,82 bilhões de anos.

Você deveria saber, no entanto, que essas teorias foram oficialmente aceitas pela física a partir do século XVII até início de 1900. Um resultado incrível.

Um belo dia, porém, outro cientista, chamado Albert Einstein, decidiu derrubar essa visão, já então ultrapassada, mediante a publicação de uma obra que passou à história como a Teoria da Relatividade Especial.

A teoria em si poderia não ser de compreensão imediata (entre os especialistas, alguns juram que até agora não a compreenderam em sua totalidade. Mas eu duvido). De qualquer modo, não desanime e siga meu discurso com atenção.

Vamos começar com uma premissa: a teoria da Relatividade Especial se limita a analisar os fenômenos físicos em referenciais que se deslocam com movimento relativo e uniforme e velocidade constante, ou seja, onde não há aceleração.

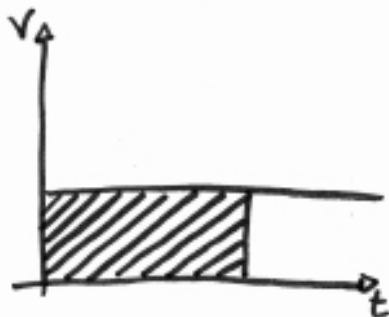
Vou explicar melhor.

No movimento retilíneo uniforme, o referencial é constituído por um único eixo cartesiano, que coincide com a trajetória descrita pelo corpo, sobre o qual temos que definir uma origem, uma unidade de medida para avaliar as distâncias e uma direção positiva.

Complete estas operações: em cada instante de tempo t , o corpo ocupará um determinado ponto ao longo da trajetória que será determinada univocamente pelo valor da abscissa s sobre o eixo de referência.

Você não está me acompanhando. Sinto pela sua expressão.

Aqui estão, portanto, alguns desenhos explicativos (vou tentar aprimorá-los em considerações mais adiante, você verá):



Seus olhos esbugalhados me pedem para esclarecer melhor.

Dou um exemplo: vamos colocar meu gato no chão e esperar que ele se acomode (visto a massa excepcional vai levar alguns segundos. Daremos alguns minutos).

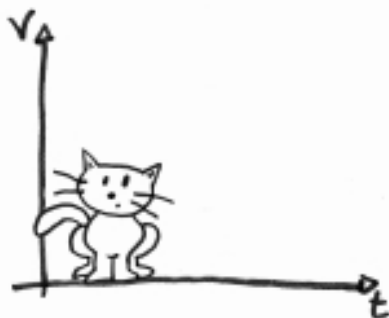
Do outro lado da sala damos uma sacudidela no pacote de ração para gatos, mesmo daquele mais barato.

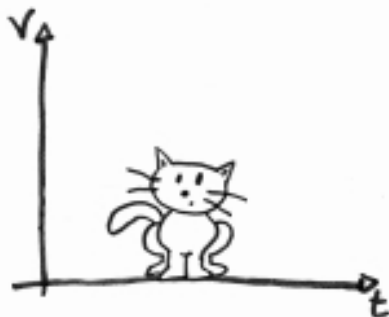
Ao tempo zero, o felino gorducho começará a vir com extrema calma em nossa direção, com passo furtivo.

Aqui podemos imaginar o chão como a abscissa do nosso eixo cartesiano, o gato como o corpo em movimento (sigh), e imaginar seu movimento como constante (embora na realidade não é). Nessas condições, o nosso movimento retilíneo uniforme está demonstrado. E o gato, exausto.

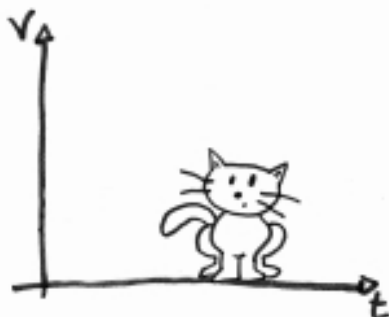
Repasemos os gráficos.

Tempo t_1 :





Tempo t_3 :



Agora que enfim descobrimos o que é um movimento retilíneo uniforme, vamos voltar para o nosso cientista.

De acordo com a teoria de Einstein, e isto precisa ser esclarecido logo, os conceitos de espaço e de tempo não deveriam mais ser considerados absolutos, mas absolutamente relativos: espaço e tempo se tornam mais elásticos e variam em função da velocidade com a qual se move o observador, comparado a outro observador em

repouso (imagine que o gato o observa enquanto você se distancia em movimento retilíneo uniforme).

Quanto maior a velocidade, mais extremos serão os efeitos medidos: a dilatação do tempo e a contração das distâncias.

Quer dizer, nas velocidades relativísticas, isto é, comparáveis àquela da luz (cerca 300.000 km/s, a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética) nos deparamos com uma "curiosa" dilatação dos tempos, uma contração das distâncias e um aumento da massa dos objetos.

Agora, nem pense em imaginar o gato sendo arremessado a 299792,458 km/s, no momento em que se contrai de maneira considerável enquanto sua massa tende ao infinito.

A sua massa, no meu caso específico, tende já ao infinito, mesmo ele estando parado. O exemplo não é adequado.

A este ponto, considero interessante explicar porque a velocidade

da luz não pode, de maneira alguma, ser ultrapassada. Não, os felinos com excesso de peso não estão envolvidos nisso, como os mais sagazes já intuíram. A razão é outra.

Vamos começar por uma premissa: a velocidade da luz é constante e é igual para todos os observadores.

Sim, tanto para aquele sujeito suado que está dentro do carro engarrafado na BR-116, quanto para o astronauta que viaja entre as estrelas e faz um selfie tendo os oceanos como plano de fundo.

É algo reconhecido, medido, experimentado. É assim, precisa ser aceito enquanto há evidência disso, mesmo se pode parecer completamente não intuitivo. Existem provas inconfundíveis. E pode ser demonstrado.

Vou explicar com um exemplo, porque zelo pela sua cultura científica.

Se um dia, enquanto você caminha pela rua, um louco atirasse contra você ração para gatos sabor atum, o que você faria?

Fugiria correndo o mais rápido que pudesse, visto que só Deus sabe quanto fede ração de atum.

Veja, suponhamos que cada biscoitinho para gatos viajasse em sua direção, digamos a 8 m/s, e você corresse mais ou menos a 5 m/s; você sabe muito bem que a velocidade dos biscoitinhos em relação à sua seria de $(8-5=)$ 3 m/s, e, portanto, que uma chuva desses pequenos petiscos fedorentos o atingiria de modo implacável sem que você conseguisse escapar.

Isto não acontece com a luz.

Você pode pensar na luz como sendo constituída de muitas esferas (ou biscoitinhos) chamadas "fótons". Os fótons, como já foi dito, viajam em nossa direção em uma velocidade de 300.000 km/s.

Se um louco atirasse fótons contra você, com um pouco de fantasia você poderia se imaginar fugindo em uma astronave a 40.000 km/s. Bem, de acordo com uma concepção comum, a velocidade dos fótons em relação à sua deveria ser de $(300.000 - 40.000 =)$ 260.000 km/s.

Mas isso não é o que você iria experimentar, infelizmente. Mesmo se você estivesse se afastando a uma velocidade insana, a velocidade dos fótons no vácuo, permaneceria de qualquer maneira constante e sempre 300.000 km/s.

Aqui está, o resultado é grandioso.

Até porque, finalmente, você vai poder vestir, com conhecimento de causa, aquelas camisetas compradas com a estampa " $E=mc^2$ " (equação que se refere à relatividade especial).

Vamos analisá-la em detalhes, vale a pena:

E está para energia.

m para massa (em repouso).

c para velocidade da luz (uma constante, assim como discutido).

Na verdade, deve ser considerada a massa em movimento com velocidade v (e não em repouso). A fórmula de Einstein deve, portanto, ser corrigida com o fator de Lorentz:

$$E = \gamma mc^2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} mc^2$$

Suponhamos $v=c$ (velocidade de um corpo igual à velocidade da luz). O valor da raiz quadrada torna-se $1-1=0$, e a fração é um número (numerador) dividido por zero (denominador). O resultado é infinito. Ou seja,

constante, significa que algum outro parâmetro varia. Se V permanece constante, significa que haverá mudança em S ou T , o tempo! Assim, conforme um objeto acelera, o seu espaço se contrai (como se ele diminuísse em dimensão) e seu tempo diminui.

Essas observações foram mais tarde relatadas nas transformadas de Lorentz, com as quais vemos como o tempo se reduz enquanto a V se aproxima a C . Mas não vamos prolongar esse assunto.

O tempo passa de maneira diversa quando estamos longe de C e, ao contrário, diminui quando nos aproximamos a C .

O paradoxo dos gêmeos também entra nesse raciocínio. Esse paradoxo é provavelmente uma das consequências mais populares da teoria da relatividade de Einstein.

Mais do que um paradoxo, ele é um verdadeiro experimento teórico, imaginado com o objetivo de ilustrar como alguns aspetos da teoria de Einstein são contrários ao senso comum.

O cientista elaborou a hipótese que: se um dos gêmeos tivesse partido num foguete indo em direção a uma estrela distante e tivesse viajado a uma velocidade próxima a da luz, o tempo para

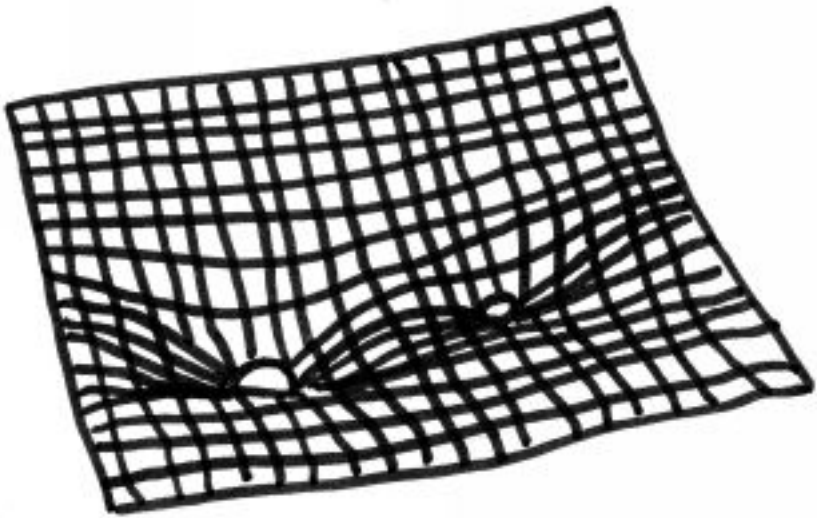
esse último teria passado mais devagar do que para o gêmeo na Terra. Paradoxal seria, então, o fato que, em seu retorno, depois de alguns "anos terrestres", seu irmão que ficou em casa teria se tornado um velho, com um monte de cabelos brancos, enquanto o astronauta teria apenas alguns anos a mais do que quando havia partido.

Então, o que estávamos dizendo é que o espaço e o tempo, pela primeira vez, foram vistos como uma única entidade chamada espaço-tempo.

Assim teremos quatro dimensões: três dimensões espaciais e uma temporal.

Espaço e tempo estão agora interligados.

É difícil imaginar isso. Mesmo que para fornecer uma ideia aproximada, essa nova entidade é, com frequência, representada como um "tecido de Eddington". Uma espécie de lençol de borracha, onde a presença de um corpo dotado de massa (por exemplo, o gatinho), determina uma deformação geométrica naquela região.



Tecido de Eddington desenhado por mim

O experimento da fenda dupla

Creio poder afirmar que ninguém entende a mecânica quântica.

Richard Feynman *citado em* Tony Hey, Patrick Walters, *"The New Quantum Universe"*, 2003)

O experimento que vou descrever tem a reputação de estar entre os mais bonitos e, considerando o seu impacto na história da física moderna, acredito que com razão.

O experimento é chamado de "fenda dupla" (double slit em inglês).

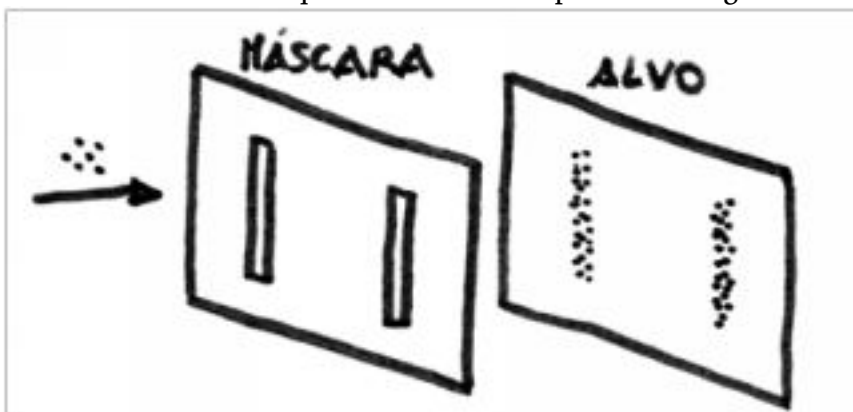
Ele demonstra a dupla natureza da luz, que revela ser ao mesmo tempo uma onda e um conjunto de partículas (os fótons). O mesmo resultado extraordinário foi alcançado posteriormente também pela matéria (o dualismo, como veremos, vale também para os elétrons). Richard Feynman (prêmio Nobel de física em 1965) afirmou que refletir com atenção sobre esse experimento permite intuir toda a mecânica quântica.

Vou tentar descrevê-lo.

Temos duas telas paralelas, a primeira com duas fendas grandes o suficiente para passar projéteis (ou algo equivalente). A segunda, ao contrário,

desprovida de fendas, de modo que os projéteis disparados nas fendas da primeira tela possam violentamente parar sobre a tela sucessiva.

Disparando um projétil contra a primeira tela, obteremos resultados semelhantes àqueles indicados na primeira imagem abaixo:

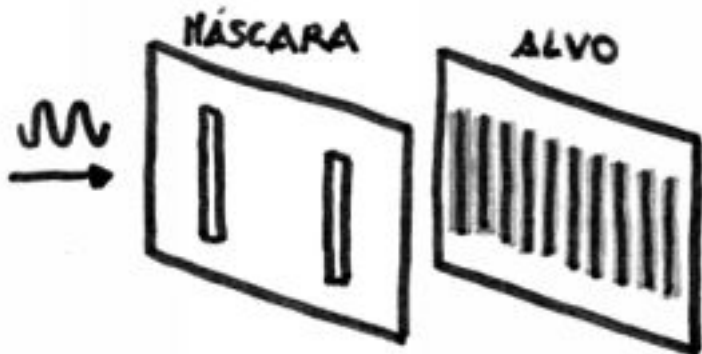


em correspondência às fendas da primeira tela, encontraremos as balas cravadas sobre a segunda. Nada do que se maravilhar, considerando a física do modo em que a conhecemos e experimentamos quase todos os dias.

O que aconteceria, porém, se disparássemos um jato de água em direção à primeira fenda, ao invés de projéteis?

Das duas fendas veremos partir ondas que iriam interferir uma com a outra; tal situação significaria

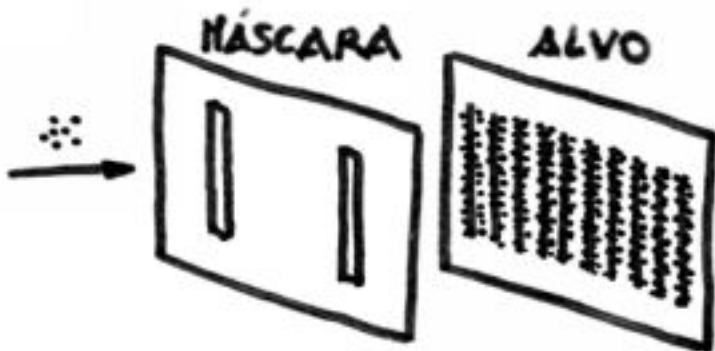
que as ondas se anulam em certos pontos e multiplicam sua força em outros: com base à fase delas.



O resultado obtido golpeando a tela com uma onda d'água é realmente diferente do resultado obtido com os projéteis. As ondas são muitas e não apenas duas.

Até aqui, tudo ok.

Então, agora, vamos tentar fazer o mesmo experimento pela terceira vez. Vamos substituir os projéteis por alguns elétrons, e os disparamos, um a um, em direção a duas telas idênticas àsquelas usadas para os projéteis (é obvio que devemos ajustar as fendas precedentes de modo que sejam apropriadas para a passagem das minúsculas partículas). Pois bem, qual é o resultado?



Uma verdadeira surpresa: apesar de serem partículas, os elétrons atingem o alvo em posições correspondentes àsquelas do segundo experimento. Na prática, os elétrons demonstram o mesmo comportamento de uma onda!

Parece que foi cometido um erro no experimento, mas não é verdade.

No mundo quântico, os elétrons, a matéria em prática, são ao mesmo tempo onda e partícula. No mundo do infinitamente pequeno, tal comportamento é absolutamente compatível, além de ser praticamente complementar.

Descrevemos como a função de onda indica a probabilidade que uma partícula se encontre em um ponto, e isto é uma repercussão do que já foi discutido. Até que o elétron não se mostre no alvo, ele

persiste em seu estado potencial descrito por sua função de onda. É exatamente como uma onda que a partícula se comporta, propagando-se como tal até o momento em que toca o alvo revelando a sua natureza corpuscular.

Esse fenômeno, por quanto estranho e complexo, foi muitas vezes demonstrado. E mais, com frequência vem sendo usado em nosso dia a dia (por exemplo, em cartões de memória flash, que utilizam o efeito túnel, como foi visto).

Entrelaçamento Quântico

Resumindo, então, o potencial quântico é capaz de constituir uma conexão não local [uma conexão no universo que é mais rápida do que a velocidade da luz], dependendo diretamente do estado do todo, de uma forma que não é redutível a uma relação preestabelecida entre as partes. Não só determina uma atividade organizada e coordenada de conjuntos completos de partículas, mas determina também qual subconjunto relativamente independente, no caso, pode existir ao interno de um todo maior.

David Bohm

O fenômeno que vou expor para você é um dos mais curiosos da física quântica e serve (e serviu) a conjeturas de ordem filosófica.

Ele é tão característico que se chegou a supor a existência de um holismo intangível, que pressupõe um elemento imaterial da realidade fora do tempo e do espaço.

Holismo

Para quem talvez não saiba o que é holismo (do grego "totalidade") esclareço que é uma posição teórico-metodológica baseada na ideia de que as propriedades de um sistema não podem ser explicadas apenas através das suas componentes.

Na prática, o somatório funcional das partes seria sempre maior, ou pelo menos diferente, da soma dos desempenhos das partes tomadas de maneira individual.

O organismo biológico é quase sempre tomado como exemplo de estrutura holística. Um ser vivo, enquanto tal, seria sempre considerado como uma unidade-totalidade indescritível com o conjunto das partes que o constitui.

Da mesma forma na física quântica, deveria ser necessário ir além das características individuais das partículas que a compõe.

outra deve girar no sentido oposto [spin para baixo]).

O fenômeno da não-localidade, o entrelaçamento, é algo no mínimo bizarro, tanto que o próprio Einstein se recusou a aceitá-lo, assumindo que tal teoria poderia ser incompleta (e que poderia, portanto, existir variáveis ocultas). E foi mesmo por esse motivo que o cientista proferiu a famosa frase "Deus não joga dados".

Ele estava, de fato, extremamente convencido de que qualquer teoria física, para ser completa, deveria ser capaz de descrever todos os elementos

da realidade e que, portanto, a mecânica quântica deveria ser substituída por uma teoria mais determinista.

O entrelaçamento quântico, porém, de determinista tem bem pouco.

Ele é um fenômeno pelo qual, sob certas condições, o estado quântico de um sistema (o par formado, por exemplo, pelas duas partículas), não pode ser descrito de maneira individual. Em vez disso, a medição do observável de um (ex: o spin), determina de forma instantânea o valor também para os outros.

Na presença de entrelaçamento, portanto, seja qual for o valor do spin assumido por uma das duas partículas, o valor correspondente assumido pela outra partícula é definitivamente oposto ao primeiro!

Em resumo, a teoria das partículas entrelaçadas é simples (exagero em afirmar isso, certo?): eu tenho dois elétrons, com spins opostos; para o teorema de conservação do momento angular, esses dois elétrons continuarão a ter spins opostos, mesmo se colocados a uma distância elevada entre eles.

As partículas permanecem intrinsecamente ligadas

de tal forma que as ações ou medições efetuadas sobre uma delas tenham efeito instantâneo sobre as outras.

No entanto, o que esse fato tem de perturbador é que, mesmo se as partículas tenham sido separadas e colocadas a uma distância inimaginável, isso permanece válido.

Meço o spin de uma partícula a um milhão de KM da outra?

BAM! o spin da outra é mensurável e será exatamente o oposto, a fim de manter o estado do sistema "coerente".

Incrível, não acha?

Mas, agora você está se perguntando: seria possível usar o entrelaçamento para se comunicar através de grandes distâncias, ultrapassando o limite de velocidade da luz?

Experimentos e análises teóricas subsequentes levaram a uma resposta negativa a essa questão, uma vez que parece impossível controlar o processo de entrelaçamento. O experimentador só pode observar e medir a magnitude de uma partícula, mas os limites da mecânica quântica impedem que ela possa ser manipulada para alterar

o resultado do colapso da função de onda na partícula entrelaçada.

Algo de futurístico, no entanto, parece ser concebível: o teletransporte.

Não aquele de Star Trek, infelizmente, mas apenas para os fótons individuais que, como se sabe, não possuem massa.

Ou seja, é possível usar o entrelaçamento para "copiar" algumas propriedades de um fóton A –como o seu spin – e transferi-las a um fóton B distante no espaço.

Intermediações microscópicas

Como mencionado, o que os físicos chamam de teletransporte, de fato, é um fenômeno mais complexo que consiste em transferir as propriedades de uma partícula (A) para outra (B), através de uma terceira partícula mediadora (C).

Para realizar o teletransporte, primeiro se correlacionam entre si as partículas B e C; em seguida se correlaciona A a B fixando as propriedades de A. Desta forma, graças à intermediação de B, é possível transferir estas propriedades à partícula C.

As teorias físicas atuais incorporam o limite de propagação da luz como um princípio básico, excluindo assim qualquer ação "instantânea" destinada a propagar matéria, energia ou informações em velocidades superiores a ela.

Mas ao que parece, o entrelaçamento quântico, não propagando nenhum deles, parece não violar nenhum deles.

...

Bem, após a discussão de um dos fenômenos que mais me faz refletir, vou ser claro: há muito tempo eu queria explicar esse conceito, mas fui adiando e agora, enfim, me arrisco: o entrelaçamento quântico tem pouco a ver com a equação de Dirac (-cenas de pânico -).

O equívoco, eu me dei conta, nasceu quando um boato começou a se espalhar no imenso estábulo internetiano (a rede é rica em conversa pra boi dormir).

Leio na íntegra:

Ela disse: "Diga-me algo bonito"

Ele responde: $(\partial + m) \psi = 0$

A equação acima é aquela de Dirac e é a mais bonita equação conhecida na física. Graças a ela, o fenômeno do entrelaçamento quântico é descrito e afirma que: "Se dois

sistemas interagem entre si por certo período de tempo e depois são separados, não podemos mais descrevê-los como dois sistemas distintos, mas de um modo sutil tornam-se um único sistema. Aquilo que acontece a um deles continua a influenciar o outro, mesmo se distantes quilômetros ou anos luz".

Ok, entendo que isso possa parecer bastante sugestivo, mas basta procurar um pouco mais no Google para descobrir que não existe qualquer conexão entre a equação de Dirac e o fenômeno do entrelaçamento quântico.

A primeira é, de fato, uma lei que descreve as partículas por meio de um conjunto de quatro funções de onda e permite definir uma densidade de probabilidade sempre consistente (imagino a sua cara de

espanto e vejo sua mente embarcando no primeiro voo direto para Cuba).

O fenômeno do entrelaçamento quântico, ao contrário, não pode ser descrito de forma tão simples e, de modo geral, ele é muito bem descrito no referido boato.

O Tao da física

Algum tempo atrás, li o Tao da física (1975), o primeiro livro publicado por Fritjof Capra, obra que se tornou famosa somente depois da reimpressão de 1989.

A qualquer momento que você queira se aprofundar nos conceitos místicos ligados à mecânica quântica, recomendo sua leitura.

Tendo acenado ao holismo e, na premissa, às filosofias orientais, não posso deixar de citá-lo.

O texto de Capra reconhece na física algo absolutamente racional, especializado, contingente e materialista, quase um real "instrumento" a serviço da existência terrena.

Mas também associa um sentido intuitivo, espiritual e universal ao misticismo. Não tende a desvalorizá-lo, ao contrário. A seu modo, Capra os coloca quase no mesmo nível.

O autor, que também é físico, recomenda a importância de dotar-se de uma visão abrangente que considere o Universo como um Todo, em vez de se dedicar ao estudo de um único "tijolo" de cada vez.

Da mesma forma, o indivíduo não pode ser considerado como "matéria" a parte, um fim em si mesmo. As interligações com outros seres são dinâmicas, feitas de energia, vibração e são parte de um Todo único.

Conceitos que devem começar a ser bastante familiares para você se observados à luz do que se afirma no atual parágrafo.

O paradoxo E.P.R.

Discutimos o quanto Einstein se mostrou hostil a muitas ideias decorrentes do estudo da mecânica quântica, e é precisamente de tais críticas que foi enunciado o chamado paradoxo E.P.R. (assim denominado porque Einstein o desenvolveu em conjunto com os físicos Podolski e Rosen).

O paradoxo previa que: se a mecânica quântica é válida, ela implica que em certos experimentos específicos existem influências instantâneas ("não-locais") entre partículas distantes, a despeito do fato que a velocidade da luz seja a velocidade máxima consentida no universo.

As influências em questão se propagariam com uma velocidade praticamente infinita e isso foi considerado "inaceitável".

Em termos técnicos, teria ocorrido uma violação do chamado "princípio de localidade", que Einstein considerava intocável (isso o convenceu a declarar a teoria quântica como "preocupante" e absurda, além de incompleta e incoerente).

Bohr, por sua vez, respondeu que este não era um argumento bastante válido que pudesse demonstrar a insensatez da mecânica quântica.

Infelizmente os tempos ainda não estavam maduros para que fosse organizado um experimento definitivo que pudesse estabelecer quem estaria certo, e desse modo, a questão permaneceu suspensa.

Foi na década de 60 que o físico Bell propôs uma experiência executável em laboratório um pouco diferente do experimento EPR original, baseado no chamado "teorema de Bell".

Ele adotou as duas premissas básicas de Einstein, Podolsky e Rosen - a inexistência de sinais mais rápidos do que a luz e a existência de uma realidade objetiva independente das medições do investigador - e as usou para construir uma relação matemática em forma de desigualdade entre as medições efetuadas sobre a partícula 1 e as medições efetuadas sobre a partícula 2.

Realizando o experimento proposto por Bell, a desigualdade teria sido confirmada caso a abordagem de Einstein fosse correta e, ao contrário, seria violada se Bohr tivesse razão.

Na década de 70, quando se pôde enfim efetuar o teste com precisão adequada, o experimento de Bell foi realizado por vários pesquisadores tendo sido verificada a validade da mecânica quântica com os seus paradoxos e a sua não-objetividade.

Desde então, foram efetuados testes sempre mais sofisticados e precisos, até o experimento conduzido pelo professor Aspect em 1982,

considerado até hoje decisivo para a validade da mecânica quântica na forma não admitida por Einstein.

Foi, portanto, confirmado que o princípio de "localidade" de Einstein pode ser violado em alguns casos encontrados em sistemas quânticos específicos, mesmo se as influências "instantâneas" estão sujeitas a muitas limitações e não afetam a validade da teoria da relatividade.

De fato, não é possível acelerar uma partícula até que ela atinja a velocidade da luz ou velocidades superiores. Porém, podem existir algumas estranhas influências não-locais entre as partículas quânticas que em sua origem eram ligadas e que depois foram distanciadas.

Um resultado incrível.

Enfim, deve-se observar que na década de 90, Rarity e Tapster, do Royal Signals and Radar Establishment, conduziram finalmente um experimento real muito semelhante ao paradoxo EPR em sua forma original.

Em suma, nesse experimento um laser emite um fóton, ou seja, um quantum de luz, que é dividido em dois fótons de energia reduzida à metade por um dispositivo chamado conversor para as baixas frequências.

Os dois fótons gêmeos, em seguida, são distanciados entre si.

Pois bem, o experimento mostrou que, embora os dois fótons possam estar muito longe um do outro, continua a existir uma correlação entre eles de modo que a medição efetuada em um seja capaz de alterar o estado do outro.

Aquilo que Einstein tinha definido absurdo e impossível foi mais uma vez confirmado de modo claro.

A teoria quântica da consciência

A teoria que vou mostrar para você é inquietante e tem um quê de reconfortante ao mesmo tempo.

Antecipo que foi desenvolvida por Roger Penrose (Premio Wolf de Física em 1988) em colaboração com o americano Dr. Stuart Hameroff e, por isso, estou dando a eles um mínimo de crédito (embora seja difícil aceitá-la).

Penrose e Hameroff teriam demonstrado, de maneira definitiva, a existência da alma.

De acordo com os dois cientistas, as nossas almas estariam inseridas no interior de microestruturas chamadas "microtúbulos", contidas dentro das nossas células cerebrais.

Os microtúbulos são estruturas intracelulares constituídas por uma classe de proteínas denominadas tubulinas e foram observadas pela primeira vez no século XX.

A ideia deles surge ao considerar o nosso cérebro como uma espécie de "computador biológico", dotado de uma rede de informação sináptica composta por mais de 100 bilhões de neurônios.

A consciência seria o resultado de um processo chamado "Orch-OR", equivalente à interação entre as informações quânticas e os microtúbulos.

A morte corpórea significaria a perda no interior dos microtúbulos do próprio estado quântico, porém ele não seria destruído, mas retornaria à sua fonte (uma espécie de campo, podemos assim dizer).

Universo e existe além do tempo e do espaço.

Multiverso

O espaço é assim. Você pensa que este é o único universo. Mas não existe só um universo. Existe um multiverso. Sempre que uma estrela morre e se torna um buraco negro, um novo universo é formado. Aprenderam a prever, como para o tempo, onde e quando se formará outro buraco negro. Uma ponte momentânea entre universos paralelos. As viagens são limitadas. Criaram uma agência para vigiar o multiverso. Sou um agente do multiverso.

The One – Film 2001

O impacto com a nova realidade, formada por partículas tão "peculiares", e por um espaço-tempo extremamente ligado, deve tê-lo confundido. Percebo isso.

Vou aproveitar, então, para malhar o ferro enquanto ele está quente e derrubo agora uma das hipóteses mais fascinantes que a física moderna já criou.

O multiverso é uma hipótese científica que postula a existência de universos coexistentes e alternativos fora do nosso espaço-tempo, com frequência chamados dimensões paralelas.

O termo foi cunhado em 1985 pelo escritor e psicólogo americano William James.

O conceito de universos paralelos foi, com certeza, retomado por vários escritores de ficção científica, tornando-se quase um clássico do gênero.

Do ponto de vista filosófico, a hipótese é antiga, mas de um ponto de vista científico, o conceito de multiverso foi rigorosamente proposto pela primeira vez por Hugh Everett III, em 1957, na interpretação dos muitos mundos da mecânica quântica.

É importante dizer que a hipótese está inserida atualmente na ciência marginal, mas é tão fascinante que devo, em absoluto, falar para você sobre ela.

Entre aqueles que apoiam pelo menos um dos modelos do multiverso estão Stephen Hawking, Steven Weinberg, Brian Greene, Michio Kaku, Neil Turok, Lee Smolin, Max Tegmark, Andrej Linde e Alex Vilenkin.

E esses nem foram os últimos a chegarem.

O conceito de multiverso prevê, sobretudo, que cada medida quântica leva à divisão do universo em tantos universos paralelos quanto são os possíveis resultados da operação de medição. Esse conceito foi proposto por Hugh Everett III na sua tese de doutorado (*The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, abreviada em MWI).

Discutimos sobre isso lá atrás, ao abordar o primeiro assunto do texto, você se lembra?

Na prática, de acordo com essa teoria, o gato não está vivo ou morto. Está vivo e morto, mas em dois universos paralelos.

Eu ficaria refletindo pelo menos pelos próximos 20 segundos.

A teoria do multiverso proposta pela MWI tem um parâmetro de tempo compartilhado, e todos os universos que constituem o multiverso são estruturalmente idênticos. Eles podem existir em diferentes estados, mesmo que tenham as mesmas leis físicas e os mesmos valores das constantes fundamentais.

Os universos constituintes são, além disso, não-comunicantes, mesmo se potencialmente poderiam exercer uma ação recíproca.

"As dimensões do Multiverso são tão exageradas que têm como consequência a existência, em algum lugar, de outros seres iguais a nós, mas não corremos o risco de encontrá-los. A distância que devemos percorrer é tão grande que o número de quilômetros tem mais dígitos do que a quantidade de partículas do Universo conhecido."

(Max Tegmark)

Outras interpretações dos multi-mundos são a de Copenhague e aquela das "histórias consistentes".

Tais interpretações correlacionariam o estado do inteiro multiverso aos estados dos universos constituintes da sobreposição quântica, e ligariam o mesmo a uma única função de onda universal.

Semelhantes a essa visão são as interpretações das múltiplas histórias de Feynman, e das muitas mentes, de Zeh.

A diferença entre a primeira e a segunda interpretação está sobretudo no ato da medição.

Ora, antes de descartar essas ideias classificando-as como insanas e absurdas, pense nisso por um instante: se a interpretação dos multi-mundos estivesse correta, então, não deveria ser tão difícil supor a existência de um planeta como a Terra.

Uma eventualidade que por si só poderia ser considerada no mínimo rara.

A teoria de Everett: a interpretação dos “multi mundos”

A interpretação dos multi-mundos é uma teoria elaborada e proposta por Hugh Everett III no final dos anos cinquenta e se coloca entre as teorias mais aclamadas por boa parte de prestigiosos físicos contemporâneos.

Ela dá plausibilidade à existência de uma pluralidade de universos contíguos, embora não pareça oferecer uma distinção física nítida entre universos diferenciados.

Ela prevê, portanto, de forma mais adequada, a visão múltipla de um mesmo universo, mais do que de autênticos universos com fronteiras recíprocas bem delineadas.

As leis físicas seriam iguais em qualquer parte, e jamais ocorreria o chamado colapso da função de onda, que reduz o observável a um só detectável estado conclusivo entre aqueles teoricamente previstos.

Cada um dos estados possíveis se concretizaria materialmente através da continua ramificação de uma única realidade/universo que os contém. O todo procedendo de forma coerente com os estados resultantes e segundo as probabilidades com as quais eles podem se manifestar (seguindo, assim, as previsões das respectivas funções de onda).

É provável que você precise ler esses conceitos mais de uma vez.

No final, porém, surge uma pergunta espontânea: o que acontece ao observador?

O observador, que como sabemos é necessário para a detecção do estado conclusivo do sistema, se encontra subdividido em mais réplicas de si mesmo; uma réplica para cada ramificação de toda realidade/universo, o que resultará em um sistema novo isolado.

Também este último poderá, então, evoluir em todos os outros estados possíveis, de forma totalmente paralela à realidade inicial.

Eu o vejo torcer o nariz. Mas saiba que nos dias de hoje essa abordagem é bastante apreciada pelos principais cosmólogos. Stephen Hawking, inclusive, desenvolveu especulações afins sobre o assunto.

Se quisermos resumir a teoria em poucas palavras podemos afirmar que: existe um mundo para cada modo possível em que este possa existir.

Penso que esta é uma visão, no mínimo, espetacular.

Um gigantesco BANG

Munida da mais avançada matemática e de uma boa dose de imaginação, uma geração de físicos teóricos concebeu a ideia de que o universo deve ter sofrido uma transformação depois de um décimo de bilionésimo de segundo após o Big Bang. Naquele instante, toda a estrutura do espaço-tempo se cristalizou em uma nova forma, após uma transição de fase, tal como a água se transforma em gelo abaixo de zero grau.

Agora que conhecemos o conceito de espaço-tempo, podemos nos colocar uma das questões mais importantes que a mente humana já foi capaz de conceber desde o início dos tempos: mas a quem, pelos diabos, passaria pela cabeça assistir Zorra Total no sábado à noite.

Não, desculpe, essa é a segunda questão crucial da existência humana. A primeira é "como tudo começou?" Desculpe a brincadeira, foi mais forte do que eu.

Bem, algumas soluções particulares da Relatividade Geral preveem que o tempo teve um começo e um fim.

Na prática, imaginando voltar no tempo, a ideia é que você poderia se encontrar em uma situação em que todo o espaço, portanto, toda a matéria, convergisse em um único ponto de densidade infinita.

Tento desenhar para você uma boa aproximação do conceito.

É entusiasmante.

Igualmente instigador também é verificar que tais conceitos já foram objetos de especulações por parte dos antigos gregos. A harmonia dos opostos, na prática, produz ordem; daí o termo grego "cosmo", ou seja, aquilo que é ordenado, racional, harmônico.

Heráclito escreveu: *"Aquilo que é oposição se concilia e daquilo que é diferente nasce a mais bela harmonia, e tudo é gerado por causa do contraste."* E ainda: *"Eles – os ignorantes – não compreendem que aquilo que é diferente concorda consigo mesmo: harmonia dos opostos, como a harmonia do arco e da lira."* *"O Deus é dia – noite. é guerra – paz, è saciedade – fome."*

Voltando ao ponto, a Relatividade Geral aplicada no instante "inicial", portanto, produziria valores infinitos para parâmetros físicos tais como densidade e temperatura (a densidade da matéria alcançaria valores tão altos a ponto de provocar um colapso gravitacional do mesmo espaço-tempo).

Por outro lado, as flutuações quânticas deveriam ter causado o colapso do universo inteiro ao se considerar a famosa equação $E=mc^2$ (aquela estampada na camiseta, lembra?). Tais flutuações, na verdade, deveriam ser consideradas como fontes de energia infinita e, portanto, como centros de gravidade infinita.

Isto leva a um conflito secular, por assim dizer, entre a teoria da Relatividade Geral e a Mecânica Quântica. Justamente porque falta uma teoria completa que possa descrever, de forma unificada, os fenômenos físicos do mundo macroscópico e do mundo microscópico simultaneamente.

Hawking e outros cientistas estão trabalhando nisso há bastante tempo.

Por que a noite é escura?

Pense nisso, a pergunta não é tão trivial como parece. Durante anos, os cientistas se esforçaram em busca de uma resposta até que a questão foi colocada como o "paradoxo de Olbers" (mesmo se tecnicamente não foi ele a apresentá-lo).

Ele se baseia em alguns pontos tacitamente aceitos pela cosmologia em voga até o início do século XX.

O universo tem extensão infinita.

O universo existe por um tempo infinito e é imutável.

O universo é homogêneo e isotrópico, ou seja, as estrelas estão dispostas em modo uniforme no espaço.

Sabemos que na realidade tais pressupostos foram desmentidos, mas o paradoxo resta contudo interessante.

Então, vamos tentar entender alguma coisa...

Qualquer um de nós sabe que a Terra gira em torno do Sol, e quando o sol está na parte oposta, ele não pode mais nos iluminar e por isso escurece.

Mas a questão é outra: o universo é imenso, cheio de estrelas e de objetos celestes luminosos (planetas, galáxias, etc...): por que estes não iluminam o céu a qualquer instante?

Em qualquer ponto que um observador olha, ele deveria ser sempre capaz de ver um objeto luminoso e, dado a abundância de tais objetos, o nosso céu deveria ser iluminado também durante toda a noite.

Mas não é assim.

Dadas as suposições iniciais e como você já deve ter intuído, devemos buscar tal explicação nas descobertas do nosso cientista preferido, Albert Einstein.

Em 1905, Einstein descobriu, como já foi dito, que a luz tem um limite e não pode viajar além de certa velocidade (300.000 km por segundo - significa que ela completa 7 voltas ao redor da Terra em 1 segundo!).

O fato que a velocidade da luz seja finita nos dá uma pista para resolver o enigma do paradoxo.

A luz de estrelas distantes ainda não teve tempo para chegar até nós porque o universo tem 14 bilhões de anos, criado por aquela enorme explosão chamada Big Bang. Pode-se acrescentar também, para complicar ainda mais as coisas, que as galáxias continuam a se expandir em um ritmo acelerado (e, assim, a luz de algumas estrelas nunca será capaz de chegar até nós).

Isso nos leva a uma nova reflexão: lembre-se sempre que quanto mais distante olhamos no universo mais retroagimos no tempo.

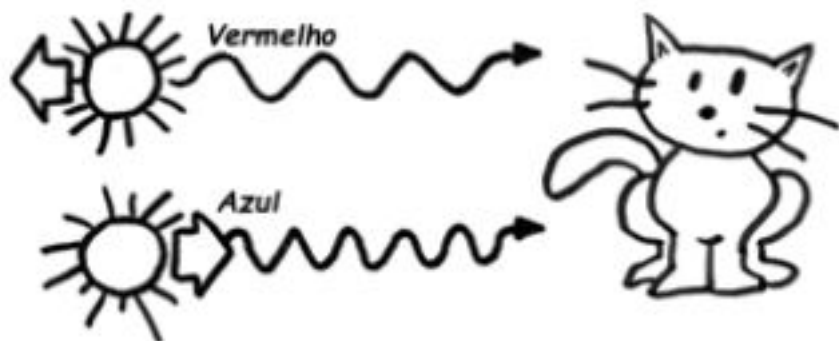
Se pudéssemos olhar a 14 bilhões de anos de distância de nós, poderíamos até mesmo rever os primeiros instantes do nosso universo.

Edgar Allan Poe em 1848 escreveu:

"Se a sucessão das estrelas fosse infinita, o fundo do céu teria uma luminosidade uniforme, como aquela da nossa Galáxia - porque não poderia haver em absoluto nenhum ponto, em todo o fundo, que não houvesse uma estrela.

A única maneira, portanto, de compreendermos os vácuos observados através dos nossos telescópios omnidirecionais, seria supor que a distância até o fundo seja tão grande que nenhum raio luminoso possa ter tido tempo de nos alcançar."

O que è red shift?



Derradeiro destino do universo

Os cientistas dizem que a pera, de tanto comê-la, acabará. Eu digo, mas como a pera pode acabar? A pera é inesgotável, a pera, não?

Ascanio Celestini

Concordamos sobre o fato que quase todos os cientistas admitem que o universo tenha se originado a partir do Big Bang.

Mas e a respeito de seu futuro, existem também tantas certezas?

Com relação a essa questão espinhosa, deve-se considerar que as galáxias e os aglomerados de estrelas estão sujeitos a duas forças que praticamente se confrontam desde que o universo foi criado.

A força de atração gravitacional, que tenderia a fazer o universo colapsar sobre si mesmo, e o impulso de expansão do Big Bang, que exercita uma função praticamente oposta.

O ponto agora é entender: qual das duas vencerá?

Essencialmente a resposta parece complexa, uma vez que deve ser considerada a quantidade exata de massa que o universo contém.

Sobre isso, os astrônomos se organizaram e definiram uma densidade crítica e, portanto, uma massa crítica, com a qual as duas forças se equilibrariam com precisão.

É fácil considerar o fato que caso a massa do universo seja maior do que a massa crítica, a força gravitacional irá prevalecer.

Em tal caso, a expansão irá desacelerar até parar e o universo começará a se contrair sob a ação da própria força de gravitação. Isso provocará a constrição das galáxias e a relativa fusão das mesmas até se agregarem em um único ponto, uma nova singularidade.

Se, ao invés, a massa real for menor do que a massa crítica, vencerá o impulso de expansão e o universo continuará a se expandir para sempre. Neste caso, a situação resultante seria muito diferente dado que as galáxias continuariam a se afastar uma das outras, o universo se tornaria cada vez mais frio, escuro e vazio, morrendo de forma lenta (se expandindo ao infinito).

Este cenário é chamado universo aberto.

Em relação ao destino final do universo, no entanto, as suposições de modo geral são numerosas.

Por isso, acho que faz sentido citar pelo menos as mais famosas (em especial aquelas relacionadas a um universo cuja existência parece finita) salientando, porém, que nesse momento devemos ter sempre um pé atrás, digamos assim, ao considerar cada uma delas.

Big Freeze

O Big Freeze é o cenário no qual, devido a continua expansão, teremos que lidar com um universo terrivelmente frio para que a vida possa continuar. Essa é a teoria defendida pela maioria dos físicos e cosmólogos, dado que seria coerente no que diz respeito ao universo observável.

Big Rip

O fim poderia ocorrer com um "Big Rip" (o nome já diz tudo), um Grande Rasgo, que destruiria toda a estrutura física do universo.

Tal rasgo resultaria de uma expansão constantemente acelerada, capaz de fazer em pedaços, no sentido literal da palavra, cada objeto físico do Universo, das galáxias até cada ser humano, bactéria e grão de areia.

Comportaria uma situação em que as partículas elementares não estariam mais ligadas entre si.

Um tipo de versão acelerada do Big Freeze.

Big Crunch

A teoria do Big Crunch é uma visão um pouco mais articulada e cíclica da vida do Universo.

Em tal caso presume-se que, após o período máximo de expansão, poderia ocorrer uma contração cósmica que faria o universo entrar em colapso mais uma vez em uma nova singularidade gravitacional.

Este cenário não elimina a teoria que o Big Bang foi precedido por um Big Crunch de um universo precedente. É uma teoria para a qual se teria na prática singularidades recorrentes.

Buracos Negros

De acordo com a teoria da relatividade, nada pode viajar a uma velocidade maior do que aquela da luz. Portanto, se a luz não pode escapar de um buraco negro, ela não alcançará mais nada; tudo é arrastado para trás pelo potente campo gravitacional. Cria-se, assim, um conjunto de eventos, uma região do espaço-tempo da qual não é possível fugir para alcançar um observador distante. Esta região é o que hoje chamamos de buraco negro.

Um buraco negro, um dos mais estranhos e fascinantes objetos do cosmo, pode ocorrer após a explosão de uma estrela muito maciça, mais de seis/sete vezes maior do que o Sol.

Ele é criado no momento em que o núcleo da estrela colapsa sob seu próprio peso e não consegue se equilibrar mesmo que se comprima ao máximo.

Nada pode parar a queda da matéria em direção ao centro da estrela. A massa inteira do núcleo tenderá a se concentrar imediatamente em um único ponto.

Vou explicar o porquê.

O mecanismo que permite que uma estrela "brilhe" durante a fase principal da sua vida é essencialmente simples. Pelo menos em seus conceitos básicos.

A estrela se sustenta e emite energia através da fusão nuclear na sua região central (onde diversos átomos de hidrogênio são fundidos, em grupos de quatro, produzindo núcleos de hélio e energia).

A energia produzida neste quantíssimo núcleo é usada para suportar o peso das camadas de gás que circundam o próprio núcleo, e é emitida para o exterior sob forma de radiação.

Praticamente são realizados dois tipos de equilíbrio: um hidrostático e um inerente ao equilíbrio térmico.

O equilíbrio hidrostático é aquele que se estabelece entre a força de gravidade (que tenderia a fazer a estrela colapsar sobre si mesma) e a força de pressão do gás no interior (que, ao contrário, tende a empurrar para fora as camadas superiores do gás).

O equilíbrio térmico, por outro lado, consiste na perfeita igualdade entre a energia perdida a cada segundo pela estrela (ou seja, aquela emitida sob forma de luz) e aquela produzida a cada segundo através das reações de fusão nuclear.

Dito isto, a estrela transcorre em equilíbrio a maior parte de sua existência, embora, às vezes, algumas estrelas passem por fases de instabilidade (a quem não acontece). Nesse caso, elas são chamadas estrelas variáveis.

É óbvio notar que, se a estrela não produzisse energia suficiente ou não tivesse pressão suficiente no centro para suportar o seu peso enorme, ela entraria em colapso sobre si mesma sob o impulso da própria força gravitacional.

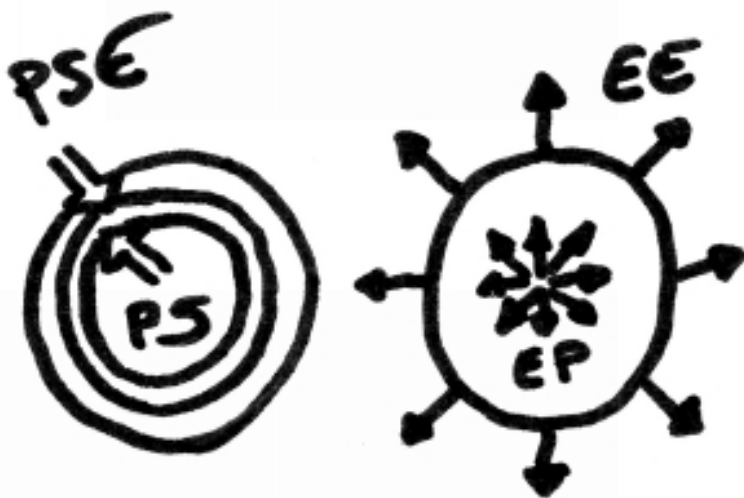
Se, ao contrário, a estrela produzisse muita energia, ela deveria se expandir para ser capaz de eliminá-la e poderia de fato explodir (a quem não acontece).

Como todas as coisas, as estrelas não são eternas. Depois de um período mais ou menos longo, o hidrogênio em seus núcleos se esgotará e elas irão se preparar para uma triste velhice. Na velhice, você sabe, alguns equilíbrios tendem a diminuir. Nessa fase, muito

mais breve que naquelas anteriores, as estrelas sofrem violentas transformações.

A estrela agora é rica em hélio e pobre em hidrogênio, situação na qual as reações de fusão nuclear desaceleram devido à falta de combustível. Situação que não permite mais à estrela suportar o seu próprio peso.

O próximo desenho irá ajudá-lo a entender.



PSE: Pressão das camadas externas

PS: Pressão do gás

EE: Energia emitida

EP: Energia produzida

que você passe nas suas imediações. A atração gravitacional que ele exerce sobre um corpo depende da distância do próprio corpo.

Não sendo capaz de emitir radiação, o buraco negro é completamente escuro e não pode ser "visto". Eles são, portanto, os únicos objetos celestes que não podem, de jeito nenhum, ser estudados diretamente. Só o nosso conhecimento de física e matemática nos permite imaginar como eles são feitos, considerando que a existência dos buracos negros é, de fato, prevista pela teoria da Relatividade Geral de Einstein.

O universo è uma ilusão

O que é mais preciso do que a precisão? A ilusão.

Marianne Moore

Vamos falar de David Bohm, renomado físico da Universidade de Londres, já falecido.

Ele dizia que as descobertas do professor Aspect (veja o box "O paradoxo E.P.R.") implicavam que a realidade objetiva não existe.

De acordo com sua teoria, o universo seria na realidade um holograma gigantesco e extremamente detalhado.

Em benefício de todos aqueles que desconhecem o que é um holograma, prossigo explicando sua natureza.

Um holograma é uma fotografia tridimensional produzida com ajuda de um laser. Vamos ver na prática: primeiro o objeto a ser fotografado é imerso na luz de um raio laser; em seguida, um segundo raio laser é colocado sobre a luz refletida do primeiro. A representação resultante da zona de interferência onde os dois raios se encontram é impressa sobre a película fotográfica, criando, assim, o holograma.

Até aqui, tudo claro? Não? Ok, ok, mas eu aposto

que um pouco de leitura vai ser útil e irá resolver o problema.

O que é impressionante, no entanto, é que tal fotografia caracterizada praticamente por um emaranhado de linhas claras e escuras, quando iluminada por outro feixe de laser é capaz de exibir a imagem original em três dimensões.

A tridimensionalidade de tais imagens, no entanto, não é a única característica interessante dos hologramas. Na verdade, se o holograma de um gato é cortado ao meio e, em seguida, iluminado por um laser, você descobrirá que cada metade contém ainda a imagem inteira do gato.

Mesmo continuando a dividir as duas metades, veremos que cada minúsculo fragmento de película irá conter sempre uma versão menor, mas intacta, da mesma imagem.

Diferente das fotografias normais, cada parte de um holograma contém todas as informações retidas pelo holograma íntegro!

Espetacular.

Se você pensar bem, essa característica dos hologramas nos dá uma maneira totalmente nova de entender os conceitos de organização e de ordem.

Sugere uma espécie de novo tipo de holismo.

Os hologramas nos ensinam que alguns fenômenos físicos poderiam cair nesse tipo de abordagem.

Uma intuição que sugeriu a Bohm um caminho diverso para entender a descoberta do professor Aspect.

O conceito em si é fundamentalmente simples se você refletir.

Bohm se convenceu de que a razão pela qual as partículas subatômicas permanecem em contato, independentemente da distância que as separa, reside no fato que a separação delas é uma ilusão.

Tais partículas pertenceriam ao mesmo "organismo" e, portanto, não deveriam ser consideradas entidades individuais. Elas pertenceriam a uma espécie de campo que conecta todas as coisas.

Vou dar um exemplo.

Bohm lançou mão de um aquário; nós, em vez disso, vamos usar o nosso consueto gato.

Imagine um felino, recolocado em uma caixa transparente, filmado por duas câmeras distintas: uma lateral e uma frontal.

Quando olhamos os dois monitores de televisão, podemos pensar que os gatos visíveis nos monitores sejam realmente dois. As duas câmeras, na verdade, nos mostrariam imagens bastante diferentes.

Apenas sob um olhar mais cuidadoso percebemos que na realidade existe certa ligação entre os gatos: quando um vira, o outro também vira; quando um olha para frente, o outro olha para o lado.

Uma sincronização felina bastante suspeita, não acha?

Parece existir quase uma espécie de comunicação instantânea entre eles (o conceito faz lembrar algo, certo?).

De acordo com Bohm, se as partículas subatômicas aparecem separadas para nós é porque somos capazes de ver apenas uma parte de sua realidade. Elas são facetas de uma unidade mais profunda e mais básica que é, por fim, igualmente holográfica e indivisível como o nosso gato. Na realidade física tudo é constituído por essas "imagens" e isso sugere que o próprio universo seja uma projeção, um holograma.

As repercussões ainda mais complexas de tal consideração implicariam que, em um nível mais profundo, todas as coisas estejam infinitamente ligadas.

Os elétrons de um átomo de carbono do cérebro de um gato estão conectados às partículas subatômicas que compõem cada merluza que nada, cada coração que bate e cada estrela que brilha no céu.

Tudo se funde.

Mesmo o espaço-tempo deveria ser analisado com base a essa interpretação.

Neste tipo de super-holograma, o passado, o presente e o futuro coexistem simultaneamente.

Um dia, quando tivermos os instrumentos apropriados, poderemos nos impelir para um adequado nível de realidade que nos permitirá capturar algumas cenas do nosso passado há muito esquecido.

É o conceito de super arquivo cósmico onde tem Tudo aquilo que Existe.

Afirmamos anteriormente que cada pedacinho de uma película holográfica contém todas as informações contidas na película íntegra; se você pensar bem, isso é o equivalente a dizer que a informação é distribuída não-localmente.

Tudo parece retornar de forma simples e harmônica.

O tempo è uma ilusão

A nível fundamental, o tempo não existe. (...) existem processos elementares em que quantas de espaço e matéria interagem uns com os outros continuamente. A ilusão do espaço e do tempo contínuos ao nosso redor é a visão desfocada deste denso fluxo de processos.

Carlo Rovelli

Obviamente isto é o que vem afirmado no "modelo de gravidade quântica em loop". É necessário considerar, no entanto, que no "modelo das cordas", o tempo, entendido pelo menos como elemento da espuma do espaço-tempo, permanece.

Einstein disse bem: se você me perguntar agora eu sei o que é o tempo, uma mera ilusão.

As superpartículas e o campo de Higgs

Eu realmente o chamo Deus porque é a partícula que explica como se forma a matéria das outras partículas, além de ser dela que se origina tudo - as estrelas, os elementos que temos sobre a terra, incluindo aqueles que compõem os seres humanos - esta partícula é verdadeiramente Deus.

Margherita Hack *a respeito dos bósons de Higgs*

Para resolver as antigas divergências entre a Relatividade Geral e a Mecânica Quântica, a fim de descrever o comportamento da gravidade sobre escalas atômicas, foi formulada, no início da década de 70, uma teoria que previa a existência de superpartículas para cada partícula individual, cujas propriedades podiam eliminar o problema dos infinitos.

Bem, agora não fique aí imaginando partículas com cuecas vermelhas rigorosamente vestidas por cima de macacões azuis colantes, no estilo que o bom velho Clark Kent nos ensinou a aceitar.

De super, as partículas não têm nada.

Em vez disso, comece a imaginar que para cada partícula pode existir um parceiro (uma partícula que podemos definir como "sombra").

Na prática, de acordo com a supersimetria, seremos capazes de ver só metade do mundo existente (e não a sua "sombra").

Considerou-se que uma possível partícula simétrica, provavelmente a mais leve, pudesse ser o neutralino, primeiro candidato entre os possíveis componentes da matéria escura presente no universo.

Tendo em conta, porém, que os recentes resultados obtidos com o Large Hadron Collider do CERN de Genebra, incluindo a descoberta do bóson de Higgs, não deixam vislumbrar nada além do modelo padrão da física das partículas (o modelo em geral aceito até nossos dias). Desse modo, a teoria está perdendo apoio e está nos encaminhando em direção a algo diferente.

No Japão, desde 2012, os dados das últimas sessões de colisões entre prótons não mostram nada de inesperado nas taxas de decaimento das diferentes partículas.

"A natureza aparentemente não quer saber de confirmar a teoria, pelo menos não em sua versão original simples", enfatiza Mikahil Shifman, professor de física da Universidade de Minnesota e um dos primeiros a desenvolver a teoria supersimétrica.

A supersimetria consistiria em superar com facilidade o obstáculo das divergências Relativísticas/Quânticas, exatamente em virtude da hipótese de prever a existência dos parceiros supersimétricos, o que é fácil de entender considerando a teoria de Higgs.

Vamos devagar, eu explico para você com calma.

A teoria prevê que todo o espaço é preenchido de maneira uniforme pelo campo de Higgs.

Imagine esse campo como um "mar".

Porém, um mar dotado de um valor base uniforme e diferente de zero, mesmo no vácuo.

Um oceano constantemente perturbado pela "ebulição" das partículas virtuais que emergem de modo contínuo e se aniquilam no vazio quântico.

Uma eterna luta/interação com um mar que contribui em dotar as partículas de energia em relação ao vácuo. Uma energia que, como já foi mencionado, é equivalente a uma massa.

É difícil explicar isso de um modo mais simples.

Raciocine por um instante.

O campo de Higgs deveria oferecer, como se fosse uma substância fluida mas extremamente densa, uma enorme resistência às partículas que se deslocam através dele.

No modelo mais simples do campo de Higgs, as massas dos quarks, dos léptons e dos bósons vetoriais fracos (estamos falando de partículas elementares) são todas interpretadas como um resultado da interação com um único campo de Higgs.

Existe sempre uma partícula associada a um campo quântico e, portanto, na forma mais simples do mecanismo de Higgs, para a ruptura da simetria, existe uma partícula de Higgs associada a um campo de Higgs.

Meu Deus. Releia isso várias vezes, por favor.

De qualquer modo, a primeira teoria verdadeira da Gravidade Quântica foi formulada em 1976 e foi chamada de Teoria da Supergravidade (uma teoria de campo que combina a supersimetria com a relatividade geral).

Uma das primeiras teorias que tentou se impor como teoria unificadora.

Ela previa a existência de outras sete dimensões espaciais, em um espaço-tempo em onze dimensões, para poder descrever o comportamento dos fenômenos físicos sobre escalas microscópicas, incluindo também a gravidade.

Sete dimensões espaciais, em um espaço-tempo em onze dimensões. Fantástico.

...

Mas, ei: onde diabos você foi parar?

A matéria escura

A matéria escura e a energia escura são dois dos ingredientes básicos do nosso universo. Pense que juntos eles concorrem em ocupar grande parte do cosmo.

Acabamos de aprender que os principais ingredientes do universo são praticamente invisíveis para nós, que tristeza! Bem, até certo ponto, enquanto é verdade que não podem ser medidos de maneira direta, eles exercitam sua influência através de efeitos gravitacionais.

Mas, por que essa matéria “apareceria” invisível?

Isso se deve ao fato que tal matéria não é capaz de absorver ou refletir o espectro eletromagnético (não emite qualquer radiação eletromagnética).

Como afirmou Bruce H. Margon, astrônomo da Universidade de Washington, em 2001, no New York Times:

"É uma situação bastante embaraçosa ter que admitir que não conseguimos encontrar 90% [da matéria] do Universo."

Preciso dizer que o conceito de matéria deve sua existência a uma violação do modelo padrão da cosmologia. Aquele com base no Big Bang, por assim dizer.

Aquele que nós, e quase todos os cientistas, gostamos tanto.

Basicamente, em primeiro lugar, sem ela seria muito difícil explicar a formação das galáxias nos tempos previstos pela teoria ligada à "grande explosão".

Em segundo lugar, porque seria impossível explicar de outro modo como as galáxias ainda continuam íntegras, embora a matéria visível não seja capaz de desenvolver uma atração gravitacional suficiente.

O Universo, em uma escala muito, muito maior, se comparado não só a nós, mas também ao Sistema Solar, teria características muito diferentes daquelas que hoje derivam das medições feitas com grandes telescópios.

Em resumo, o efeito de uma hipotética ausência da matéria escura seria um reduzido campo gravitacional.

Isso implicaria, por exemplo, em maior dificuldade na formação das galáxias e das estruturas cósmicas.

A matéria escura tem, de fato, um papel fundamental na canalização da matéria "tangível" nos "pontos certos", onde o gás comprimido pode, então, formar as estrelas.

Sem contar, além disso, que a expansão do universo deveria manifestar-se de forma mais rápida do que aquela que observamos hoje, exatamente por causa da quantidade reduzida de matéria presente.

Em tal circunstância teria sido um pouco mais difícil preparar as

condições para o desenvolvimento da vida, mas a partir daquele ponto, tudo somado, podemos dizer que a evolução biológica não teria sido muito diferente.

De fato, se a teoria mãe pudesse, no futuro, revelar-se incorreta, ainda assim seria possível menosprezar a hipotética existência de uma matéria tão especial.

Mas atenção, a matéria escura não deve ser confundida com a diferente hipótese conhecida como energia escura, uma hipotética forma de energia não diretamente detectável, espalhada por todo o espaço.

A energia escura também é considerada um importante componente do modelo padrão da cosmologia baseada no Big Bang, e sobre essa forma de energia foram propostas basicamente duas formas principais: a constante cosmológica e a quintessência.

A constante cosmológica é algo que se tornou desprezível para o saudoso Einstein (o cientista retratou a sua ideia, definindo-a como "o meu maior erro") e consiste essencialmente em uma densidade de energia constante que preenche o espaço de forma homogênea e fisicamente equivale à energia do vácuo.

A inclusão de uma constante cosmológica prossegue de braços dados com as observações (levando à adoção de um modelo chamado Lambda-CDM). E isso é muito encorajador.

A quintessência, por sua vez, é um campo dinâmico, cuja densidade de energia varia no espaço e no tempo.

O conceito de quintessência difere da constante cosmológica de energia escura enquanto se trata de uma equação dinâmica, que muda ao longo do tempo; ao contrário da constante cosmológica, que, como é evidente, se mantém sempre constante ao longo da história.

O efeito Casimir dinâmico

usando um espelho cuja espessura possa mudar de repente, é possível doar energia suficiente aos fótons virtuais de tal forma que eles se tornem reais.

E fez-se luz.

O modelo padrão

O modelo padrão (MP) é uma teoria física que descreve três das quatro forças fundamentais conhecidas: a interação forte, a interação eletromagnética e a interação fraca (as duas últimas unificadas na interação eletrofraca); e todas as partículas elementares ligadas a elas.

Em resumo, os físicos elaboraram uma teoria que pretende descrever tanto a matéria quanto as forças (interações) do Universo. E para fazer isso, implantaram tal sistema sobre a base de poucas partículas e interações fundamentais.

As principais ideias são:

Existem algumas partículas que são os constituintes fundamentais da matéria.

Existem algumas partículas que são mediadoras de força.

As interações entre as partículas fundamentais da matéria ocorrem através da troca de partículas mediadoras de força (o fóton é um exemplo de partícula relacionada à interação eletromagnética).

O Modelo Padrão é uma boa teoria, dado que os experimentos realizados foram capazes de verificá-la com precisão incrível e quase todas as suas previsões se mostraram corretas. Ele, porém, não consegue explicar tudo. Por exemplo, a força gravitacional não está incluída nesse modelo.

A Teoria das Cordas

Tudo de maravilhoso que ocorre no Universo é resultado das vibrações de unidades individuais, cordas ultramicroscópicas ocultas nas profundezas da matéria. Os "modos de vibração", as "notas" entoadas por essas cordas, determinam a constituição íntima da matéria, como cordas de violino que executam uma sinfonia cósmica ordenada e harmoniosa.

Brian Greene

Estamos em meados da década de 80, quando uma nova e mais recente revolução ganhou força, a Teoria das Cordas, que substituiu a natureza puntiforme das partículas elementares pelo conceito de cordas.

Bem, vamos esclarecer logo que não estamos falando sobre esse tipo de cordas:



Cordas comuns

Mas, por outro lado, também não vamos muito além desse conceito, uhm, digamos assim.

A teoria das supercordas é uma tentativa de teoria do tudo, ou seja, de descrever todas as partículas e as forças fundamentais da natureza em uma única teoria que considere essas entidades como "vibrações" de cordas finíssimas supersimétricas.

Na linguagem comum, o termo é sinônimo de teoria das cordas.

Também aqui, para explicar a teoria, precisamos de um espaço-tempo com mais dimensões do que aquele imaginado até agora.

Nosso espaço físico possui apenas quatro dimensões que são sensíveis à nossa escala de magnitude e isso deve ser sempre levado em conta em qualquer teoria física. No entanto, nada impede que por si só uma teoria possa afirmar que existam dimensões espaciais adicionais.

No caso da teoria das cordas, há evidências segundo as quais o espaço-tempo requer 10, 11 ou mesmo 26 dimensões.

Mas essas dimensões adicionais, onde estão escondidas?

O conflito é resolvido imaginando que as dimensões adicionais estão "enroladas sobre si mesmas", ou melhor, compactificadas.



Exemplo de rolamento

Imagine uma mangueira de borracha, uma daquelas usadas no jardim para regar as plantas. Suponhamos que ela tenha, mais ou menos, um centímetro de diâmetro e esteja esticada entre duas estacas a uma considerável distância, um quilômetro ou mais, do ponto onde estamos.

É obvio que para nós seria impossível distinguir a espessura da mangueira e teríamos que nos limitar a descrevê-la simplesmente como uma linha; ou seja, como um objeto com uma única dimensão (embora cientes da existência de uma dimensão a mais).

Teoricamente, no entanto, uma formiga poderia mover-se nas duas dimensões, isto é, ao longo e em torno da mangueira, mas o movimento que descreve ao seu redor não seria perceptível à distância. Sabemos da existência de uma dimensão envolta sobre si mesma, mas, no final das contas, ela não teria qualquer utilidade prática em nossas observações macroscópicas.

Existe uma grande diferença entre a dimensão ao longo da mangueira e aquela ao redor da mangueira: a primeira está estendida no espaço e é facilmente observável; a segunda está enrolada sobre si mesma, contida em um espaço perceptível muito pequeno e mensurável apenas se fossemos capazes de realizar observações com uma precisão tão maior quanto menor fosse a mangueira de borracha.

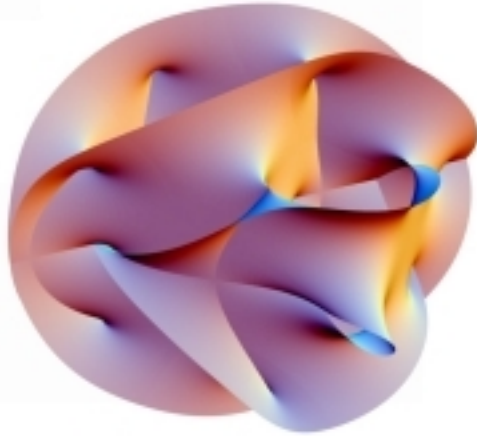
Portanto, poderiam efetivamente existir muitas outras dimensões, desde que sejam suficientemente curvas e enroladas de modo tal que não podemos percebê-las na vida cotidiana.

Variedade de Calabi – Yau

A teoria das cordas não prevê formas arbitrárias para a representação dos espaços em que as dimensões extras enroladas estão contidas. Em vez disso, sustenta que as extradimensões estejam enroladas na forma de espaços de Calabi-Yau, associadas a cada ponto do espaço-tempo.

Os possíveis espaços de Calabi-Yau admissíveis pela teoria são dezenas de milhares, mas considerando que nada vete a possibilidade de que sejam infinitos deve ser já considerado como um bom resultado.

Projeção de um corte de uma Variedade de Calabi-Yau.





A elegância da Teoria das Supercordas está no fato que ela prevê a gravidade de maneira natural. O problema da singularidade é, então, superado.

Para evitar a singularidade presume-se, portanto, a existência de uma corda fundamental que tenha um comprimento mínimo, dado pelo comprimento de Planck, abaixo do qual não faz mais sentido falar de dimensões físicas.

A teoria das cordas explica que as partículas elementares são formadas por um conjunto de filamentos de energia semelhantes a cordas. Cada uma dessas cordas, assim como aquelas de um violão, vibra de forma diferente e, com base no "tom de vibração" de cada uma delas, os filamentos de energia são capazes de produzir partículas diferentes.

Todas as partículas que compõem nosso mundo e nosso universo, matéria, energia, espaço e tempo, existiriam graças à vibração dessas cordas.

A maneira diferente com a qual essas cordas são levadas a vibrar determina o nascimento de uma ou de outra partícula.

Falamos também de dez ou mais dimensões espaciais. Mas por quê?

O fato é que, matematicamente, a teoria das cordas não funcionaria em um universo feito de apenas três dimensões. Com uma equação é possível demonstrar que tal sistema só pode funcionar em um universo dotado de 10 dimensões espaciais e uma temporal.

É por isso que os defensores da teoria estão certos de que deve haver pelo menos 10 dimensões espaciais.

Tudo isso é grandioso. Sobretudo porque o discurso poderia ser aprofundado de modo a fluir para o campo da ficção científica mais audaciosa. Teoricamente, conhecendo o funcionamento da vibração de tais cordas, elas poderiam ser colocadas em movimento livremente. Poderiam ser levadas a vibrar com os tons desejados, o suficiente para conseguir manipular a energia e a matéria.

Ok, ok, você tem razão, me dou conta que nesse momento,

decisivamente, nos deixamos levar longe demais pela fantasia.

A Teoria do tudo

"Acredito que a coisa mais complacente do mundo seja a incapacidade da mente humana em correlacionar todo o seu conteúdo. Vivemos em uma ilha plácida de ignorância no meio do mar negro do infinito, e não era destino que navegássemos assim tão distante. As ciências, cada qual voltada em sua própria direção, nos prejudicaram muito pouco até agora; mas, um dia, a conexão de conhecimentos desarticulados abrirá visões tão aterrorizantes da realidade e da nossa posição assustadora na mesma que, ou ficaremos doidos pela revelação, ou fugiremos da luz mortal na paz e na segurança de uma nova Idade Média."

H. P. Lovecraft, O Chamado de Cthulhu

Em primeiro lugar, vamos definir o que se entende por "Teoria do Tudo".

A teoria do tudo, uma TOE (theory of everything), é uma teoria hipotética que deveria ser capaz de explicar e conectar, totalmente e em conjunto, todos os fenômenos físicos conhecidos.

Uma bela gata para despelar, para não sair do tema.

De maneira ingênua, mas justificado pelo seu tempo, Laplace (matemático, físico, astrônomo, nobre francês e um dos principais cientistas do período napoleônico) sugeriu que uma inteligência substancial, conhecendo as leis da natureza e a velocidade de uma partícula a cada instante, poderia calcular a posição de cada partícula em outro instante. Segundo ele:

"Uma inteligência que, num determinado momento, conhecesse todas as forças que animam a natureza e a respectiva situação de todos os objetos que a compõe; se, além disso, essa inteligência fosse suficientemente poderosa para analisar esses dados, juntaria em uma única fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e os dos menores átomos; para tal inteligência nada seria incerto e o futuro, assim como o passado, estaria presente diante de seus olhos."

(Essai philosophique sur les probabilités, Introduction. 1814)

Com certeza não é o que aprendemos lendo o texto até agora.

Tudo somado, no entanto, quero deixar claro o fato que a mecânica quântica, embora afirmando que a incerteza é um fator inevitável, não nega de todo que uma "única fórmula" possa ainda existir.

E os físicos modernos estão à sua procura.

Para fazer uma breve digressão sobre a história de uma teoria tão fascinante, devemos começar lá atrás, na Grécia antiga.

Naquela época, os filósofos estavam convencidos que a realidade fosse permeada por uma espécie de unidade intrínseca; que fosse dotada de várias forças excessivamente fracas.

A filosofia mecânica do século XVII assumiu que todas as forças,

em última análise, poderiam ser reduzidas à forças de contato entre pequenas partículas sólidas.

Essa teoria foi abandonada depois que Newton completou o seu monumental *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Os experimentos

de Galileu sobre a gravidade terrestre, as leis do movimento planetário de Kepler e o fenômeno das marés foram todos explicados qualitativamente por uma única lei da gravitação universal.

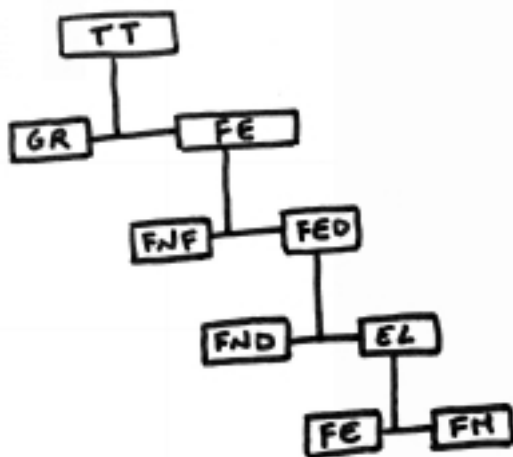
Tivemos que esperar até 1820 para que Hans Christian Oersted descobrisse uma conexão entre eletricidade e magnetismo, desencadeando décadas de trabalho sobre eletromagnetismo por parte de Maxwell.

O século XIX e início do século XX foi um período profícuo no qual foi descoberto que muitos exemplos de forças comuns resultavam de interações elétricas entre as menores partículas da matéria.

Nos anos vinte, a mecânica quântica mostrou que as ligações químicas entre os átomos eram exemplos de forças elétricas (quânticas).

Foram então descobertas as forças nucleares, forte e fraca, que não podiam ser incluídas na gravidade, nem no eletromagnetismo.

Para resumir e utilizar um esquema mais compreensível do que mil palavras, a estrutura que liga as várias forças, aquela mais reconhecida pela comunidade científica, deveria ter a seguinte forma:



TT: Teoria do tudo

GR: Gravidade

FE: Força Eletronuclear

FNF: Força nuclear forte

FED: Força eletrofraca

FND: Força nuclear fraca

EL: Eletromagnetismo

FE: Força elétrica

Além das forças listadas aqui, a cosmologia poderia requerer determinadas forças inflacionárias, energia escura e também matéria escura. Falamos sobre isso um pouco antes.

Muitos físicos esperam, no futuro, conseguir enunciar uma "Teoria do Tudo" capaz de descrever a inteira realidade, desde a origem do Cosmo até o mistério dos buracos negros. Einstein perseguiu esse sonho, mas em vão.

Hoje, como foi bastante discutido nos capítulos precedentes, já foram dados passos decisivos nessa direção.

Será que o "Santo Graal" poderia estar com os anos contados?

Teorema da incompletude de Gödel

Este é um teorema que sempre me fascinou, e que melhor oportunidade para falar sobre ele senão no meio da discussão de uma teoria que tem a presunção de explicar tudo?

Para o teorema de Gödel, na verdade, seria quase impossível alcançar tal objetivo.

Freeman Dyson (físico e matemático britânico) afirmou:

"O teorema de Gödel implica que a matemática pura é inesgotável. Não importa quantos problemas sejam solucionados, haverá sempre outros problemas que não podem ser resolvidos com as leis existentes. [...] Devido a esse teorema, também a física é inesgotável."

As leis da física são um conjunto finito de regras e incluem aquelas da matemática, portanto, o teorema de Gödel se aplica também a elas."

Stephen Hawking era, no início, um forte defensor da Teoria do Tudo, mas depois de considerar o Teorema de Gödel, ele concluiu que ela deveria ser considerada inalcançável.

"Algumas pessoas vão se irritar bastante se não houver uma teoria definitiva, que possa ser formulada como um número finito de princípios. Eu pertencia a esse grupo de pessoas, mas mudei de ideia".

Mas em detalhe, o que de tão interessante Kurt Gödel enunciou em 1931?

Eu explico e você verá como com quanta facilidade é possível minar por completo a esperança de finalmente se obter algo definitivo e absoluto.

O teorema de Gödel, mediante alguns paradoxos, chega a autorreferencialidade.

Explico melhor.

Como simples introdução a este tópico intrincado, vamos considerar a pouco linear proposição: "Esta frase é uma mentira".

Aqui está, se a proposição é verdadeira, então é falsa; e se é falsa, então é verdadeira.

Letal.

Esses paradoxos vêm confundindo as pessoas há séculos.

Só para ilustrar, existe ainda uma formulação medieval:

Sócrates: «O que Platão vai dizer é falso».

Platão: «O que Sócrates acaba de dizer é verdade».

O teorema de Gödel representou um revés devastador. No campo lógico-matemático, ele poderia ser interpretado como um convite ao desespero.

Suas conclusões levantaram a questão sobre a possibilidade de construir uma máquina de calcular capaz de competir com a mente humana.

Em poucas palavras explique para você as preocupações exteriorizadas por Freeman Dyson e por Stephen Hawking.

O que você acha?

Glossário

Acelerador de partículas

Máquina que acelera partículas carregadas em movimento, aumentando sua energia.

Os métodos para aceleração de partículas são baseados na utilização de campos elétricos e magnéticos, dos quais os primeiros fornecem energia às partículas acelerando-as e os últimos servem para curvar sua trajetória. O princípio físico de geração de novas partículas é aquele simples, dos choques de alta energia: fazendo colidir entre si partículas de alta energia cinética, isto é, próximas à velocidade da luz "c", o produto (síntese) é, por igualdade entre massa e energia, uma nova partícula com massa/energia superior, que eventualmente decai em outras partículas filhas.

A partir da análise desses decaimentos é possível identificar as características da partícula mãe.

Ano Luz

Antipartícula

Big Bang

A singularidade da qual o universo teve origem, cerca de quinze bilhões de anos atrás.

Big Crunch

Nome dado a um eventual fim do universo em que se sustenta que ele vai parar de se expandir e começar a colapsar sobre si mesmo. É exatamente simétrico ao Big Bang

Buraco Negro

Na relatividade geral, se define buraco negro uma região do espaço-tempo em que, devido a enorme gravidade, nada que esteja no seu interior pode sair, nem mesmo a luz.

Campo

Algo que existe em cada ponto do espaço-tempo, ao contrário de uma partícula, que existe em um ponto específico em um momento específico.

Campo de força

Meio através do qual se descreve a presença de uma força em cada ponto do espaço.

Constante cosmológica

Solução matemática que Einstein introduziu para atribuir ao universo a tendência inerente a expandir-se. Permite à relatividade geral prever um universo estático.

Corda

Corda é uma estrutura subatômica hipotética estudada na teoria das cordas. Uma corda é um objeto com uma única dimensão espacial. Ao contrário de uma partícula elementar que é adimensional ou puntiforme.

Cordas, teoria das

A teoria das cordas, teoria ainda em fase de desenvolvimento, tenta conciliar a mecânica quântica com a Relatividade Geral. É uma das candidatas para se tornar uma teoria do tudo.

Dimensão enrolada

Dimensão espacial enrolada ao ponto de não ser observável.

Dualidade partícula/onda

Éter

Meio imaterial hipotético que no passado consideravam que ocupasse todo o espaço e que fosse necessário para a propagação das radiações eletromagnéticas.

O termo, desde que essa ideia foi considerada ultrapassada, passou à linguagem comum para indicar, de maneira geral, o espaço atmosférico como sendo um lugar de transmissão de dados sem cabo, incluindo as emissões radiotelevisivas.

Escura, matéria

Na cosmologia, define-se como matéria escura o hipotético componente de matéria encontrado nas galáxias, nos aglomerados e talvez entre os aglomerados, que não é observável de maneira direta, mas somente identificável através do campo gravitacional.

Espaço-tempo

Fótons

Gravidade quântica

Teoria que concilia a mecânica quântica com a relatividade geral.

Horizonte dos eventos

Incerteza, princípio da

Mecânica quântica

A mecânica quântica, também chamada de física quântica, é a teoria física que descreve o microcosmo (átomos, prótons, etc...) com base no princípio quântico de Planck e no princípio da incerteza de Heisenberg.

Newton, leis do movimento

Leis que descrevem o movimento dos corpos em base ao conceito de espaço e tempo absolutos. Elas permaneceram válidas até Einstein anunciar a teoria da Relatividade Restrita.

Observador

Pessoa e instrumento que mede as propriedades físicas de um sistema.

Partícula Elementar

Partícula indivisível.

Planck, constante de

A constante de Planck, também chamada quantum de ação e indicada por " h ", é uma constante física que representa a quantidade de ação elementar. Fundamento do princípio da incerteza: o produto da incerteza da posição e da velocidade deve ser maior que a constante de Planck.

Quantum

Unidade indivisível em que ondas podem ser absorvidas ou emitidas. É a quantidade mínima de uma grandeza física que pode existir em modo independente, em particular uma quantidade discreta de radiação eletromagnética.

Relatividade geral

Relatividade restrita

Schrödinger, equação de

Em mecânica quântica, a equação de Schrödinger é uma equação fundamental que determina a evolução temporal do estado de um sistema, por exemplo, de uma partícula, de um átomo ou de uma molécula.

Supergravidade

A teoria da supergravidade é uma teoria que combina a supersimetria com a Relatividade Geral.

Supersimetria

A supersimetria é uma teoria física que identifica uma simetria segundo a qual seríamos capazes de ver apenas metade do mundo existente.

A teoria prevê a existência de super partículas, para cada partícula individual. Poderia ser uma alternativa ao simples mecanismo de Higgs para explicar a origem da massa.

Túnel espaço-temporal (buraco de minhoca)

Uma ponte de Einstein-Rosen ou túnel espaço temporal, conhecido também como buraco de minhoca, é um hipotético atalho que liga regiões distantes do universo.

Os túneis podem também conectar universos paralelos ou neonatos. Julga-se que eles podem representar os meios para viajar no tempo.

Vácuo, energia do

A energia do vácuo é uma quantidade de energia de qualquer modo presente no espaço, mesmo quando desprovido de matéria.

Ela resulta das flutuações dos campos quânticos enquanto os seus efeitos entram em jogo em modo decisivo

Bibliografia e leitura recomendada

Um agradecimento especial para o Ciccio, meu gato.

Leal e sonolento companheiro de preguiçosas aventuras domésticas.

Você deveria tê-lo conhecido.

Você tem um perfil no Facebook?

Se você tem interesse em discutir os tópicos presentes no texto basta acessar o seguinte endereço: <https://www.facebook.com/ilmiogattoodiaschrodinger>

Você vai encontrar um grande grupo de entusiastas que se identificam pelo mesmo interesse e genuína curiosidade.

A foto da capa, por Mario Maglione, retrata a Nebulosa de Órion.

